

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Docket No: Q78440

Takamitsu HIGUCHI, et al.

Appln. No.: 10/705,251

Group Art Unit: Unknown

Confirmation No.: 3192

Examiner: Unknown

Filed: November 12, 2003

For: **PIEZOELECTRIC DEVICE, LIQUID JETTING HEAD, FERROELECTRIC DEVICE, ELECTRONIC DEVICE
AND METHODS FOR MANUFACTURING THESE DEVICES**

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Submitted herewith are ten (10) certified copies of the priority documents on which claims to priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority documents.

Respectfully submitted,

SUGHRUE MION, PLLC
Telephone: (202) 293-7060
Facsimile: (202) 293-7860

Jeffrey A. Smith #41,574
Darryl M. Smith
Registration No. 23,063

WASHINGTON OFFICE
23373
CUSTOMER NUMBER

Enclosures: Japan 2003-380102
Japan 2003-380094
Japan 2003-380085
Japan 2002-357167
Japan 2002-346397
Japan 2002-338514
Japan 2002-335628
Japan 2002-326449
Japan 2002-326448
Japan 2002-326447

Date: June 25, 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 1 1 日
Date of Application:

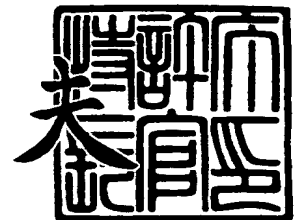
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 2 6 4 4 7
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 2 6 4 4 7]

出 願 人 セイコーエプソン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 J0094768

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 41/09

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 宮澤 弘

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 岩下 節也

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 樋口 天光

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 伊藤 マキ

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 角 浩二

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 村井 正己

【特許出願人】

【識別番号】 000002369

【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100079108

【弁理士】

【氏名又は名称】 稲葉 良幸

【選任した代理人】

【識別番号】 100080953

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 克郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100093861

【弁理士】

【氏名又は名称】 大賀 眞司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011903

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9808570

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 圧電体デバイス、液体吐出ヘッド、強誘電体デバイス及び電子機器並びにこれらの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板の上に下部電極を形成する工程と、前記下部電極上に圧電体膜を形成する工程と、前記圧電体膜上に上部電極を形成する工程とを備えた圧電体デバイスの製造方法であって、前記圧電体膜を形成する工程は、イオンビームアシスト法で第 1 層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第 2 層を形成する工程と、を備えた、圧電体デバイスの製造方法。

【請求項 2】 基板の上に下部電極を形成する工程と、前記下部電極上に圧電体膜を形成する工程と、前記圧電体膜上に上部電極を形成する工程とを備えた圧電体デバイスの製造方法であって、前記下部電極を形成する工程は、イオンビームアシスト法で第 1 層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第 2 層を形成する工程と、と備えた、圧電体デバイスの製造方法。

【請求項 3】 請求項 2 において、前記圧電体膜を、前記下部電極上にエピタキシャル成長させることにより形成する、圧電体デバイスの製造方法。

【請求項 4】 基板上にバッファ層又は振動板として機能する中間膜を形成する工程と、前記中間膜上に下部電極を形成する工程と、前記下部電極上に圧電体膜を形成する工程と、前記圧電体膜上に上部電極を形成する工程とを備えた圧電体デバイスの製造方法であって、前記中間膜を形成する工程は、イオンビームアシスト法で面内配向の第 1 層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第 2 層を形成する工程と、を備えた、圧電体デバイスの製造方法。

【請求項 5】 請求項 4 において、前記中間膜上に、前記下部電極及び前記圧電体膜を順次エピタキシャル成長によって形成する、圧電体デバイスの製造方法。

【請求項 6】 請求項 1 乃至請求項 5 の何れか一項において、
前記第 1 層を形成する工程と前記第 2 層を形成する工程の組合せを複数回繰り返す、圧電体デバイスの製造方法。

【請求項 7】 請求項 1 乃至請求項 6 の何れか一項に記載の製造方法により圧電体デバイスを形成する工程と、

前記圧電体デバイスの前記圧電体膜の変形によって内容積が変化するキャビティを、前記圧電体デバイスの前記基板に形成する工程と、

を備えた液体吐出ヘッドの製造方法。

【請求項 8】 請求項 7 に記載の製造方法により形成された液体吐出ヘッドを用いることを特徴とする、液体吐出装置の製造方法。

【請求項 9】 基板の上に下部電極を形成する工程と、前記下部電極上に強誘電体膜を形成する工程と、前記強誘電体膜上に上部電極を形成する工程とを備えた強誘電体デバイスの製造方法であって、前記強誘電体膜を形成する工程は、イオンビームアシスト法で面内配向の第 1 層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第 2 層を形成する工程と、を備えた、強誘電体デバイスの製造方法。

【請求項 10】 基板の上に下部電極を形成する工程と、前記下部電極上に強誘電体膜を形成する工程と、前記強誘電体膜上に上部電極を形成する工程とを備えた強誘電体デバイスの製造方法であって、前記下部電極を形成する工程は、イオンビームアシスト法で面内配向の第 1 層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第 2 層を形成する工程と、を備えた、強誘電体デバイスの製造方法。

【請求項 11】 基板上にバッファ層として機能する中間膜を形成する工程と、前記中間膜上に下部電極を形成する工程と、前記下部電極上に強誘電体膜を形成する工程と、前記強誘電体膜上に上部電極を形成する工程とを備えた強誘電体デバイスの製造方法であって、前記中間膜を形成する工程は、イオンビームアシスト法で面内配向の第 1 層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第 2 層を形成する工程と、を備えた、強誘電体デバイスの製造方法。

【請求項 12】 請求項 9 乃至請求項 11 の何れか一項に記載の製造方法により強誘電体デバイスを形成する工程と、

前記強誘電体デバイスに対して選択的に信号電圧を印加する駆動回路を電氣的

に接続する工程と、を備えた、強誘電体メモリの製造方法。

【請求項 13】 請求項 9 乃至請求項 11 の何れか一項に記載の製造方法により形成された強誘電体デバイスを用いることを特徴とする、電子機器の製造方法。

【請求項 14】 基板の上に、下部電極、圧電体膜及び上部電極を形成してなる圧電体デバイスであって、前記圧電体膜が、イオンビームアシスト法で形成された面内配向の第 1 層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して形成された第 2 層とを備えた、圧電体デバイス。

【請求項 15】 基板の上に、下部電極、圧電体膜及び上部電極を形成してなる圧電体デバイスであって、前記下部電極が、イオンビームアシスト法で形成された面内配向の第 1 層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して形成された第 2 層とを備えた、圧電体デバイス。

【請求項 16】 基板上に、バッファ層又は振動板として機能する中間膜、下部電極、圧電体膜及び上部電極を形成してなる圧電体デバイスであって、前記中間膜は、イオンビームアシスト法で形成された面内配向の第 1 層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して形成された第 2 層とを備えた、圧電体デバイス。

【請求項 17】 請求項 14 乃至請求項 16 の何れか一項に記載の圧電体デバイスを備えた液体吐出ヘッドであって、前記基板に、前記圧電体膜の変形によって内容積が変化するキャビティを形成した、液体吐出ヘッド。

【請求項 18】 請求項 17 に記載の液体吐出ヘッドを備えた液体吐出装置。

【請求項 19】 基板の上に、下部電極、強誘電体膜及び上部電極を形成してなる強誘電体デバイスであって、前記強誘電体膜が、イオンビームアシスト法で形成された面内配向の第 1 層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して形成された第 2 層とを備えた、強誘電体デバイス。

【請求項 20】 基板の上に、下部電極、強誘電体膜及び上部電極を形成してなる強誘電体デバイスであって、前記下部電極が、イオンビームアシスト法で形成された面内配向の第 1 層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して

形成された第2層とを備えた、強誘電体デバイス。

【請求項21】 基板上に、バッファ層として機能する中間膜、下部電極、強誘電体膜及び上部電極を形成してなる強誘電体デバイスであって、前記中間膜は、イオンビームアシスト法で形成された面内配向の第1層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して形成された第2層とを備えた、強誘電体デバイス。

【請求項22】 請求項19乃至請求項21の何れか一項に記載の製造方法により製造された強誘電体デバイスと、

前記強誘電体デバイスに対して電氣的に接続され、選択的に信号電圧を印加する駆動回路と、を備えた、強誘電体メモリ。

【請求項23】 請求項19乃至請求項21の何れか一項に記載の製造方法により形成された強誘電体デバイスを備えることを特徴とする、電子機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は圧電体膜乃至強誘電体膜とこれを挟んで配置される一対の電極を備えた圧電体デバイス、強誘電体デバイス、これらデバイスを備えた液体吐出ヘッド及び電子機器に係り、特に、優れた配向性を有する圧電体膜又は強誘電体膜を備えた圧電体デバイス等に関する。

【0002】

【従来の技術】

圧電体デバイス乃至強誘電体デバイスに用いられる圧電体膜又は強誘電体膜として、ペロブスカイト型結晶構造を有し、化学式 ABO_3 で示すことのできる複合酸化物が知られている。例えばAには鉛(Pb)、Bにジルコニウム(Zr)とチタン(Ti)の混合を適用したチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)が知られている。

【0003】

この圧電体膜又は強誘電体膜の特性向上のため、結晶配向を所望の向きに揃える試みが種々行われている。

【 0 0 0 4 】

酸化物超伝導体の分野では、イオンビームアシスト法による面内配向膜の形成が提案されている（特開平 6 - 1 4 5 9 7 7 号）。

【 0 0 0 5 】**【特許文献 1】**

特開平 6 - 1 4 5 9 7 7 号公報

【 0 0 0 6 】**【発明が解決しようとする課題】**

しかし、結晶配向が所望の向きに揃えられた圧電体膜又は強誘電体膜を効率よく得ることは困難であった。

【 0 0 0 7 】

本発明は、結晶配向が所望の向きに揃えられた圧電体膜又は強誘電体膜を備えた圧電体デバイス又は強誘電体デバイスを効率良く製造する方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】**【課題を解決するための手段】**

本発明による圧電体デバイスの製造方法は、基板の上に下部電極を形成する工程と、前記下部電極上に圧電体膜を形成する工程と、前記圧電体膜上に上部電極を形成する工程とを備えた圧電体デバイスの製造方法であって、前記圧電体膜を形成する工程は、イオンビームアシスト法で第 1 層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第 2 層を形成する工程と、を備えている。

【 0 0 0 9 】

本発明による他の圧電体デバイスの製造方法は、基板の上に下部電極を形成する工程と、前記下部電極上に圧電体膜を形成する工程と、前記圧電体膜上に上部電極を形成する工程とを備えた圧電体デバイスの製造方法であって、前記下部電極を形成する工程は、イオンビームアシスト法で第 1 層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第 2 層を形成する工程と、と備えている。この製造方法において、前記圧電体膜を、前記下部電極上にエピタキシャル成長させることにより形成することが望ましい。

【0010】

本発明による他の圧電体デバイスの製造方法は、基板上にバッファ層又は振動板として機能する中間膜を形成する工程と、前記中間膜上に下部電極を形成する工程と、前記下部電極上に圧電体膜を形成する工程と、前記圧電体膜上に上部電極を形成する工程とを備えた圧電体デバイスの製造方法であって、前記中間膜を形成する工程は、イオンビームアシスト法で面内配向の第1層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第2層を形成する工程と、を備えている。この製造方法において、前記中間膜上に、前記下部電極及び前記圧電体膜を順次エピタキシャル成長によって形成することが望ましい。

【0011】

上記製造方法において、前記第1層を形成する工程と前記第2層を形成する工程の組合せを複数回繰り返してもよい。

【0012】

本発明の液体吐出ヘッドの製造方法は、請求項1乃至請求項6の何れか一項に記載の製造方法により圧電体デバイスを形成する工程と、前記圧電体デバイスの前記圧電体膜の変形によって内容積が変化するキャビティを、前記圧電体デバイスの前記基板に形成する工程と、を備えている。

【0013】

本発明の液体吐出装置の製造方法は、上記の製造方法により形成された液体吐出ヘッドを用いることを特徴とする。

【0014】

本発明の強誘電体デバイスの製造方法は、基板の上に下部電極を形成する工程と、前記下部電極上に強誘電体膜を形成する工程と、前記強誘電体膜上に上部電極を形成する工程とを備えた強誘電体デバイスの製造方法であって、前記強誘電体膜を形成する工程は、イオンビームアシスト法で面内配向の第1層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第2層を形成する工程と、を備えている。

【0015】

本発明の他の強誘電体デバイスの製造方法は、基板の上に下部電極を形成する

工程と、前記下部電極上に強誘電体膜を形成する工程と、前記強誘電体膜上に上部電極を形成する工程とを備えた強誘電体デバイスの製造方法であって、前記下部電極を形成する工程は、イオンビームアシスト法で面内配向の第1層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第2層を形成する工程と、を備えている。

【0016】

本発明の強誘電体デバイスの製造方法は、基板上にバッファ層として機能する中間膜を形成する工程と、前記中間膜上に下部電極を形成する工程と、前記下部電極上に強誘電体膜を形成する工程と、前記強誘電体膜上に上部電極を形成する工程とを備えた強誘電体デバイスの製造方法であって、前記中間膜を形成する工程は、イオンビームアシスト法で面内配向の第1層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第2層を形成する工程と、を備えている。

【0017】

本発明の強誘電体メモリの製造方法は、上記の製造方法により強誘電体デバイスを形成する工程と、前記強誘電体デバイスに対して選択的に信号電圧を印加する駆動回路を電氣的に接続する工程と、を備えている。

【0018】

本発明の電子機器の製造方法は、上記の製造方法により形成された強誘電体デバイスを用いることを特徴とする。

【0019】

本発明の圧電体デバイスは、基板の上に、下部電極、圧電体膜及び上部電極を形成してなる圧電体デバイスであって、前記圧電体膜が、イオンビームアシスト法で形成された面内配向の第1層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して形成された第2層とを備えている。

【0020】

本発明の他の圧電体デバイスは、基板の上に、下部電極、圧電体膜及び上部電極を形成してなる圧電体デバイスであって、前記下部電極が、イオンビームアシスト法で形成された面内配向の第1層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して形成された第2層とを備えている。

【 0 0 2 1 】

本発明の他の圧電体デバイスは、基板上に、バッファ層又は振動板として機能する中間膜、下部電極、圧電体膜及び上部電極を形成してなる圧電体デバイスであって、前記中間膜は、イオンビームアシスト法で形成された面内配向の第1層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して形成された第2層とを備えている。

【 0 0 2 2 】

本発明の液体吐出ヘッドは、上記の圧電体デバイスを備えた液体吐出ヘッドであって、前記基板に、前記圧電体膜の変形によって内容積が変化するキャビティを形成したことを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

本発明の液体吐出装置は、上記の液体吐出ヘッドを備えている。

【 0 0 2 4 】

本発明の強誘電体デバイスは、基板の上に、下部電極、強誘電体膜及び上部電極を形成してなる強誘電体デバイスであって、前記強誘電体膜が、イオンビームアシスト法で形成された面内配向の第1層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して形成された第2層とを備えている。

【 0 0 2 5 】

本発明の他の強誘電体デバイスは、基板の上に、下部電極、強誘電体膜及び上部電極を形成してなる強誘電体デバイスであって、前記下部電極が、イオンビームアシスト法で形成された面内配向の第1層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して形成された第2層とを備えている。

【 0 0 2 6 】

本発明の他の強誘電体デバイスは、基板上に、バッファ層として機能する中間膜、下部電極、強誘電体膜及び上部電極を形成してなる強誘電体デバイスであって、前記中間膜は、イオンビームアシスト法で形成された面内配向の第1層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して形成された第2層とを備えている。

【 0 0 2 7 】

本発明の強誘電体メモリは、上記の製造方法により製造された強誘電体デバイスと、前記強誘電体デバイスに対して電氣的に接続され、選択的に信号電圧を印加する駆動回路と、を備えている。

【 0 0 2 8 】

本発明の電子機器は、上記の製造方法により形成された強誘電体デバイスを備えることを特徴とする。

【 0 0 2 9 】

【発明の実施の形態】

< 1. 強誘電体デバイスの構成 >

図 1 は、本発明の強誘電体デバイスであるキャパシタの断面図である。

【 0 0 3 0 】

図 1 に示すキャパシタ 2 0 0 は、基板 1 1 と、基板 1 1 上に設けられたアモルファス層 1 5 と、アモルファス層 1 5 上に形成された中間膜であるバッファ層 1 2 と、このバッファ層 1 2 上に形成された下部電極 1 3 と、その上の所定領域に設けられた強誘電体膜 2 4 と、強誘電体膜 2 4 上に設けられた上部電極 2 5 とを有している。

【 0 0 3 1 】

本実施形態の強誘電体デバイスは、更に 3 種類の実施形態に分類される。第 1 の実施形態は中間膜であるバッファ層 1 2 がイオンビームアシスト法により面内配向に形成された層を含むもの、第 2 の実施形態は下部電極 1 3 がイオンビームアシスト法により面内配向に形成された層を含むもの、第 3 の実施形態は強誘電体膜 2 4 がイオンビームアシスト法により面内配向に形成された層を含むものである。

【 0 0 3 2 】

第 1 の実施形態におけるバッファ層 1 2、第 2 の実施形態における下部電極 1 3、第 3 の実施形態における強誘電体膜 2 4 は、いずれも、イオンビームアシスト法により面内配向に形成された第 1 層の上に、イオンビームアシストを止めて堆積を継続した第 2 層を含む。また、イオンビームアシストの実行及び停止を複数回繰り返すことにより、上記第 1 層及び第 2 層の上に、更にイオンビームアシ

スト法により面内配向に形成された層を含んでも良い。また、その上に更にイオンビームアシストを止めて堆積した層を含んでも良い。また、その上に更に上記と同様の層の繰り返しを含んでも良い。

【0033】

これら3種類の実施形態による強誘電体デバイスにおいて、イオンビームアシストを止めて堆積した第2層は、面内配向された第1層の影響を受けて結晶成長するため、配向性が良好な層となる。よって、イオンビームの発生のために消費されるエネルギーを抑えつつ配向性が良好な膜を形成することができる。また、イオンビームアシストを止めて堆積する際には堆積中の薄膜がイオンビームによりエッチングされることがないので、これら実施形態は堆積スピードが高いという利点がある。

【0034】

<1-1. 基板>

基板11は、バッファ層12、下部電極13等を支持する機能を有するものであり、平板状をなす部材で構成されている。この基板11には、その表面(図1中、上側)にアモルファス層15が形成されている。アモルファス層15は、アモルファス状態の物質で構成される部分であり、基板11と一体的に形成されたもの、基板11に対して固着されたもののいずれであってもよい。

【0035】

基板11としては、例えば、Si基板、SOI(Si on Insulator)基板等を用いることができる。この場合、その表面が自然酸化膜又は熱酸化膜であるSiO₂膜で覆われているものを用いることができる。すなわち、この場合、これらの自然酸化膜又は熱酸化膜がアモルファス層15を構成する。

【0036】

また、アモルファス層15は、SiO₂の他、例えば、窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化ジルコニウムなどの各種金属材料等で構成することもできる。例えば、1000nmのSiO₂と400nmのZrO₂の二層構造とする。

【0037】

このようなアモルファス層15は、例えば、熱CVD、プラズマCVD、レー

ザーCVD等の化学蒸着法(CVD)、真空蒸着、スパッタリング、イオンプレーティング等の物理蒸着法(PVD)、スパッタリーフロー、Si基板表面の熱酸化等により形成する。

【0038】

また、基板11そのものが、アモルファス状態の物質で構成されていてもよい。この場合、基板11としては、例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、エチレン-プロピレン共重合体、エチレン-酢酸ビニル共重合体(EVA)等のポリオレフィン、環状ポリオレフィン、変性ポリオレフィン、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリスチレン、ポリアミド、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリカーボネート、ポリ(4-メチルペンテン-1)、アイオノマー、アクリル系樹脂、ポリメチルメタクリレート、アクリロニトリル-ブタジエンスチレン共重合体(ABS樹脂)、アクリロニトリル-スチレン共重合体(AS樹脂)、ブタジエンスチレン共重合体、ポリオキシメチレン、ポリビニルアルコール(PVA)、エチレン-ビニルアルコール共重合体(EVOH)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリブチレンテレフタレート(PBT)、ポリシクロヘキサントレフタレート(PCT)等のポリエステル、ポリエーテル、ポリエーテルケトン(PEK)、ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)、ポリエーテルイミド、ポリアセタール(POM)、ポリフェニレンオキシド、変性ポリフェニレンオキシド、ポリサルフォン、ポリエーテルサルフォン、ポリフェニレンサルファイド、ポリアリレート、芳香族ポリエステル(液晶ポリマー)、ポリテトラフルオロエチレン、ポリフッ化ビニリデン、その他フッ素系樹脂、スチレン系、ポリオレフィン系、ポリ塩化ビニル系、ポリウレタン系、ポリエステル系、ポリアミド系、ポリブタジエン系、トランスポリイソプレン系、フッ素ゴム系、塩素化ポリエチレン系等の各種熱可塑性エラストマー、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、不飽和ポリエステル、シリコーン樹脂、ポリウレタン等、またはこれらを主とする共重合体、ブレンド体、ポリマーアロイ等の各種樹脂材料、または、各種ガラス材料等で構成される基板を用いることができる。

【0039】

これらのSi基板、SOI基板、各種樹脂基板、各種ガラス基板等は、いずれも、汎用的な基板である。このため、基板11として、これらの基板を用いることにより、強誘電体デバイスの製造コストを削減することができる。

【0040】

基板11の平均厚さは、特に限定されないが、 $10\mu\text{m}\sim 1\text{mm}$ 程度であるのが好ましく、 $100\sim 600\mu\text{m}$ 程度であるのがより好ましい。基板11の平均厚さを、前記範囲内とすることにより、強誘電体デバイスは、十分な強度を確保しつつ、その薄型化（小型化）を図ることができる。

【0041】

<1-2. バッファ層>

アモルファス層15上には、薄膜よりなるバッファ層12が形成されている。

【0042】

バッファ層12を設けることにより、アモルファス層15と下部電極13との優れた接合性（密着性）を得ることもできる。

【0043】

このようなバッファ層12の組成は、例えば、イットリア安定化ジルコニア、 CeO_2 、 ZrO_2 、 ThO_2 、 UO_2 、 HfO_2 などのフルオライト構造化合物、 Y_2O_3 などの希土類酸化物c型、 Si_3N_4 、 SiC 、ダイヤモンド、アルミナ等の高ヤング率及び高韌性材料、 Ta_2O_5 、 Cr_2O_3 、 Nb_2O_5 などの遷移金属酸化物、 LiTaO_3 、 MgAl_2O_4 などの絶縁性複合酸化物、 LaCoO_3 、 LaSrCuO_4 、 LaCaMnO_3 などの導電性複合酸化物、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 MnO 、 FeO 、 CoO 、 NiO などのNaCl構造化合物が好ましい。

【0044】

フルオライト構造化合物としては、特に、イオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第1の実施形態においては、 CeO_2 、 ZrO_2 、 HfO_2 及びこれらの固溶体が好ましい。このようなフルオライト構造の金属酸化物は、ペロブスカイト構造を有する金属酸化物との格子不整合が特に小さい。

【0045】

N a C l 構造化合物としては、特に、イオンビームアシスト法による面内配向膜の層を含む第 1 の実施形態においては、M g O、C a O、S r O、B a O、N i O 及びこれらの固溶体が好ましい。このような N a C l 構造の金属酸化物は、ペロブスカイト構造を有する金属酸化物との格子不整合が特に小さい。

【 0 0 4 6 】

バッファ層 1 2 は、例えば、立方晶 (1 0 0) 配向、立方晶 (1 1 0) 配向、立方晶 (1 1 1) 配向等のいずれであってもよいが、これらの中でも、特に、立方晶 (1 0 0) 配向であるのが好ましい。バッファ層 1 2 を立方晶 (1 0 0) 配向とすることにより、バッファ層 1 2 の平均厚さを比較的小さくすることができる。このため、例えば M g O、C a O、S r O、B a O のような潮解性を示す N a C l 構造の金属酸化物でバッファ層 1 2 を構成する場合であっても、製造時および使用時に空気中の水分で劣化するという不都合を好適に防止して、実用可能な強誘電体デバイスとすることができる。

【 0 0 4 7 】

このような観点からは、バッファ層 1 2 は、できるだけ薄く形成するのが好ましく、具体的には、その平均厚さが 1 0 n m 以下であるのが好ましく、5 n m 以下であるのがより好ましい。これにより、前記効果がより向上する。

【 0 0 4 8 】

また、このようにバッファ層 1 2 の平均厚さを小さくすることにより、例えば強誘電体メモリを作製する場合において、この強誘電体メモリのデザインルールの微細化に伴って必要となる薄型（例えば 1 0 n m オーダー厚）のキャパシタを作製することができるという利点もある。

【 0 0 4 9 】

< 1 - 3 . 下部電極 >

バッファ層 1 2 上には、下部電極 1 3 が形成されている。この下部電極 1 3 の組成は、例えば、P t、I r、T i、R h、R u などの金属材料で構成することが望ましい。これら金属材料の層を複数形成してもよい。例えば、2 0 n m 厚の T i / 2 0 n m 厚の I r / 1 4 0 n m 厚の P t という層構造で下部電極を構成する。

【0050】

また、下部電極 13 の組成は、ペロブスカイト構造を有する金属酸化物を含むものでもよい。この場合、好ましくはペロブスカイト構造を有する金属酸化物を主材料とするものである。

【0051】

ペロブスカイト構造を有する金属酸化物としては、例えば、 CaRuO_3 、 SrRuO_3 、 BaRuO_3 、 SrVO_3 、 $(\text{La}, \text{Sr})\text{MnO}_3$ 、 $(\text{La}, \text{Sr})\text{CrO}_3$ 、 $(\text{La}, \text{Sr})\text{CoO}_3$ 、 LaNiO_x 、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ または、これらを含む固溶体等が挙げられる。これらのペロブスカイト構造を有する金属酸化物は、導電性や化学的安定性に優れている。このため、下部電極 13 も、導電性や化学的安定性に優れたものとすることができる。

【0052】

ペロブスカイト構造を有する下部電極 13 は、例えば、擬立方晶 (100) 配向、擬立方晶 (110) 配向、擬立方晶 (111) 配向等のいずれであってもよいが、これらの中でも、特に、擬立方晶 (100) 配向または擬立方晶 (110) 配向であるものが好ましい。

【0053】

また、下部電極 13 の平均厚さは、特に限定されないが、10～300 nm 程度とするのが好ましく、50～150 nm 程度とするのがより好ましい。これにより、下部電極 13 は、電極としての機能を十分に発揮することができるとともに、強誘電体デバイスの大型化を防止することができる。

【0054】

なお、バッファ層 12 としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第 1 の実施形態においては、前述の通りバッファ層 12 の配向方位が揃っているので、このバッファ層 12 上に下部電極 13 を形成することにより、下部電極 13 は、配向方位が揃ったものとなる。特に、下部電極 13 は、バッファ層 12 上にエピタキシャル成長により形成することが望ましい。

【0055】

また、下部電極 13 としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む

第2の実施形態においては、下部電極13の組成は、上記のうち特に SrRuO_3 、 LaNiO_x 、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 、または、これらを含む固溶体のうちの少なくとも1種であるのが好ましい。

【0056】

<1-4. 強誘電体膜>

この下部電極13上には、強誘電体膜24が形成されている。

【0057】

バッファ層12としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第1の実施形態と、下部電極13としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第2の実施形態においては、前述の通りいずれも下部電極13の配向方位が揃っているので、この下部電極13上に強誘電体膜24を形成することにより、強誘電体膜24は、配向方位が揃ったものとなる。特に、強誘電体膜24は、下部電極上にエピタキシャル成長により形成することが望ましい。

【0058】

また、第3の実施形態においては、強誘電体膜24は、イオンビームアシスト法による面内配向の層を含み、前述のように強誘電体膜24全体として良好な配向性を示すものとなる。

【0059】

従って、第1の実施形態乃至第3の実施形態のいずれにおいても、キャパシタ200は、例えば残留分極が増大、抗電界が低減等する。すなわち、キャパシタ200は、各種特性が向上する。このため、このようなキャパシタ200を用いて強誘電体メモリを作製した場合には、かかる強誘電体メモリをヒステリシス曲線の角型性に優れたものとすることができる。

【0060】

強誘電体膜24は、各種強誘電体材料で構成することができるが、ペロブスカイト構造を有する強誘電体材料を含むものが好ましく、ペロブスカイト構造を有する強誘電体材料を主材料とするものがより好ましい。さらに、ペロブスカイト構造を有する強誘電体材料としては、正方晶(001)配向であるもの、菱面体晶(100)配向であるもののいずれであってもよいが、特に、正方晶(001

) 配向であるものが好ましい。これにより、前記効果がより向上する。

【0061】

このペロブスカイト構造を有する強誘電体材料としては、例えば、 $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ (PZT)、 $(\text{Pb}, \text{La})(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ (PLZT)、 $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{TiO}_3$ (BST)、 BaTiO_3 、 KNbO_3 、 $\text{Pb}(\text{Zn}, \text{Nb})\text{O}_3$ (PZN)、 $\text{Pb}(\text{Mg}, \text{Nb})\text{O}_3$ (PMN)、 PbFeO_3 、 PbWO_3 のようなペロブスカイト構造の金属酸化物、 $\text{SrBi}_2(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_9$ 、 $(\text{Bi}, \text{La})_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ のような Bi 層状化合物、または、これらを含む固溶体 (PMN-PT、PZN-PT 等) が挙げられる。強誘電体膜 24 としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第 3 の実施形態においては、特に、PZT、BST、または、PMN-PT、PZN-PT 等のリラクサ材料が好ましい。これにより、キャパシタ 200 は、各種特性が特に優れたものとなる。

【0062】

なお、第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態において、下部電極 13 が、ペロブスカイト構造を有する金属酸化物を含むもの（特に、ペロブスカイト構造を有する金属酸化物を主材料とするもの）である場合、このペロブスカイト構造を有する金属酸化物は、ペロブスカイト構造を有する強誘電体材料との格子不整合が小さい。このため、下部電極 13 上には、強誘電体膜 24 を、容易かつ確実に、正方晶 (001) 配向でエピタキシャル成長させることができる。また、得られる強誘電体膜 24 は、下部電極 13 との接合性が向上する。

【0063】

また、強誘電体膜 24 の平均厚さは、特に限定されないが、50～300 nm 程度であるのが好ましく、100～200 nm 程度であるのがより好ましい。強誘電体膜 24 の平均厚さを、前記範囲とすることにより、キャパシタ 200 の大型化を防止しつつ、各種特性を好適に発揮し得るキャパシタ 200 とすることができる。

【0064】

<1-5. 上部電極>

強誘電体膜 2 4 上には、櫛歯状（または帯状）をなす上部電極 2 5 が形成されている。

【 0 0 6 5 】

この上部電極 2 5 の構成材料としては、例えば、P t、I r、A u、A g、R u、または、これらを含む合金等のうちの、1 種または 2 種以上を組み合わせる用いることができる。

【 0 0 6 6 】

また、上部電極 2 5 の平均厚さは、特に限定されないが、1 0 ～ 3 0 0 n m 程度であるのが好ましく、5 0 ～ 1 5 0 n m 程度であるのがより好ましい。

【 0 0 6 7 】

< 2. 強誘電体デバイスの製造方法 >

次に、このような強誘電体デバイスであるキャパシタ 2 0 0 の製造方法について、図 2 を参照しつつ説明する。

【 0 0 6 8 】

以下に示すキャパシタ 2 0 0 の製造方法は、アモルファス層 1 5 上に中間膜であるバッファ層 1 2 を形成する工程（バッファ層形成工程）と、バッファ層 1 2 上に下部電極 1 3 を形成する工程（下部電極形成工程）と、下部電極 1 3 上に強誘電体膜 2 4 を形成する工程（強誘電体膜形成工程）と、強誘電体膜 2 4 の一部を除去する工程（下部電極取出工程）と、強誘電体膜 2 4 上に上部電極 2 5 を形成する工程（上部電極形成工程）とを有している。以下、各工程について、順次説明する。

【 0 0 6 9 】

まず、アモルファス層 1 5 を有する基板 1 1 を用意する。この基板 1 1 には、厚さが均一で、たわみや傷のないものが好適に使用される。アモルファス層 1 5 を形成する方法については前述の通りである。

【 0 0 7 0 】

[1 A] バッファ層形成工程

まず、基板 1 1 のアモルファス層 1 5 上にバッファ層 1 2 を形成する。このバッファ層 1 2 は、例えば、スパッタ法、C V D 法、M O C V D 法、レーザーアブ

レーション法など、公知の薄膜形成法によって形成することができるが、特にバッファ層 1 2 としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第 1 の実施形態においては、例えば、次のようにして形成することができる。

【 0 0 7 1 】

まず、基板 1 1 を基板ホルダーに装填して、真空装置内に設置する。

【 0 0 7 2 】

なお、真空装置内には、基板 1 1 に対向して、前述したようなバッファ層 1 2 の構成元素を含む第 1 ターゲット（バッファ層用ターゲット）が所定距離、離間して配置されている。なお、第 1 ターゲットとしては、目的とするバッファ層 1 2 の組成と同一の組成または近似組成のものが好適に使用される。

【 0 0 7 3 】

次いで、例えばレーザー光を第 1 ターゲットに照射すると、第 1 ターゲットから酸素原子および金属原子を含む原子が叩き出され、プルームが発生する。換言すれば、このプルームがアモルファス層 1 5 に向かって照射される。そして、このプルームは、アモルファス層 1 5 （基板 1 1）上に接触するようになる。

【 0 0 7 4 】

また、これとほぼ同時に、アモルファス層 1 5 の表面に対して、イオンビームを所定角度傾斜させて照射する。

【 0 0 7 5 】

これにより、アモルファス層 1 5 上に、面内配向されたバッファ層 1 2 の第 1 層が形成される。

【 0 0 7 6 】

次に、第 1 ターゲットに対するレーザー光の照射（プルームの発生）を継続させつつ、イオンビームの照射（イオンビームアシスト）を一定時間中止する。これにより、上記第 1 層上に、バッファ層 1 2 の第 2 層がエピタキシャル成長により形成される。

【 0 0 7 7 】

なお、イオンビームの照射を中止した後、イオンビームの照射を再開してもよく、イオンビームの照射の再開及び中止を複数回繰り返しても良い。

【0078】

なお、前記原子を第1ターゲットから叩き出す方法としては、レーザー光を第1ターゲット表面へ照射する方法の他、例えば、アルゴンガス（不活性ガス）プラズマ、電子線等を第1ターゲット表面へ照射（入射）する方法を用いることもできる。

【0079】

これらの中でも、前記原子を第1ターゲットから叩き出す方法としては、特に、レーザー光を第1ターゲット表面へ照射する方法が好ましい。かかる方法によれば、レーザー光の入射窓を備えた簡易な構成の真空装置を用いて、容易かつ確実に、原子を第1ターゲットから叩き出すことができる。

【0080】

また、このレーザー光は、好ましくは波長が150～300nm程度、パルス長が1～100ns程度のパルス光とされる。具体的には、レーザー光としては、例えば、ArFエキシマレーザー、KrFエキシマレーザー、XeClエキシマレーザーのようなエキシマレーザー、YAGレーザー、YVO₄レーザー、CO₂レーザー等が挙げられる。これらの中でも、レーザー光としては、特に、ArFエキシマレーザーまたはKrFエキシマレーザーが好適である。ArFエキシマレーザーおよびKrFエキシマレーザーは、いずれも、取り扱いが容易であり、また、より効率よく原子を第1ターゲットから叩き出すことができる。

【0081】

一方、アモルファス層15の表面に照射するイオンビームとしては、特に限定されないが、例えば、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノン、クリプトンのような不活性ガスのうちの少なくとも1種のイオン、または、これらのイオンと酸素イオンとの混合イオン等が挙げられる。

【0082】

このイオンビームのイオン源としては、例えば、Kauffmanイオン源等を用いるのが好ましい。このイオン源を用いることにより、イオンビームを比較的容易に生成することができる。

【0083】

また、イオンビームのアモルファス層 15 の表面の法線方向に対する照射角度（前記所定角度）は、特に限定されないが、 $35 \sim 65^\circ$ 程度とするのが好ましい。特に、NaCl 構造の金属酸化物を主材料とするバッファ層 12 を形成する場合には、前記照射角度を $42 \sim 47^\circ$ 程度、また、フルオライト構造の金属酸化物を主材料とするバッファ層 12 を形成する場合には、前記照射角度を $52 \sim 57^\circ$ 程度とするのがより好ましい。このような照射角度に設定して、イオンビームをアモルファス層 15 の表面に照射することにより、立方晶（100）配向で、かつ、面内配向したバッファ層 12 を形成することができる。

【0084】

このようなバッファ層 12 の形成における各条件は、バッファ層 12 が面内配向し得るものであればよく、例えば、次のようにすることができる。

【0085】

レーザー光の周波数は、 30 Hz 以下とするのが好ましく、 15 Hz 以下とするのがより好ましい。

【0086】

レーザー光のエネルギー密度は、 0.5 J/cm^2 以上とするのが好ましく、 2 J/cm^2 以上とするのがより好ましい。

【0087】

イオンビーム加速電圧は、 $100 \sim 300\text{ V}$ 程度とするのが好ましく、 $150 \sim 250\text{ V}$ 程度とするのがより好ましい。

【0088】

また、イオンビームの照射量は、 $1 \sim 30\text{ mA}$ 程度とするのが好ましく、 $5 \sim 15\text{ mA}$ 程度とするのがより好ましい。

【0089】

基板 11 の温度は、 $0 \sim 100^\circ\text{C}$ 程度とするのが好ましく、 $40 \sim 70^\circ\text{C}$ 程度とするのがより好ましい。

【0090】

基板 11 と第 1 ターゲットとの距離は、 $30\text{ mm} \sim 100\text{ mm}$ 程度とするのが好ましく、 $50 \sim 80\text{ mm}$ 程度とするのがより好ましい。

【0091】

また、真空装置内の圧力は、 $133 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ ($1 \times 10^{-1} \text{ Torr}$) 以下とするのが好ましく、 $133 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ ($1 \times 10^{-3} \text{ Torr}$) 以下とするのがより好ましい。

【0092】

真空装置内の雰囲気は、不活性ガスと酸素との混合比を、体積比で 300 : 1 ~ 10 : 1 程度とするのが好ましく、150 : 1 ~ 50 : 1 程度とするのがより好ましい。

【0093】

バッファ層 12 の形成における各条件を、それぞれ、前記範囲とすると、より効率よく、バッファ層 12 を面内配向させることができる。

【0094】

また、このとき、レーザー光およびイオンビームの照射時間を適宜設定することにより、バッファ層 12 の平均厚さを前述したような範囲に調整することができる。このレーザー光の照射時間は、前記各条件によっても異なるが、通常、200 秒以下とするのが好ましく、100 秒以下とするのがより好ましい。イオンビームの照射時間は、レーザー光の照射時間全体のうち 20 ~ 80 % 程度の時間が望ましい。イオンビームの照射時間を調整することにより、イオンビームアシスト法による面内配向の層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続した層の厚みを調整することができる。

【0095】

このようなバッファ層 12 の形成方法によれば、イオンビームの照射角度を調整するという簡単な方法で、揃える配向方位を任意の方向に調整することが可能である。また、このようにバッファ層 12 の配向方位を、精度よく揃えることができるので、バッファ層 12 の平均厚さをより小さくすることができるという利点もある。

【0096】

以上のようにして、バッファ層 12 が得られる (図 2 参照)。

【0097】

〔2 A〕下部電極形成工程

次に、バッファ層 12 上に下部電極 13 を形成する。この下部電極 13 は、例えば、次のようにして形成することができる。

【0098】

まず、前記工程〔1 A〕で詳述したイオンビームアシスト法によるバッファ層 12 の形成方法と同様に、バッファ層 12（基板 11）に対向して、前述したような下部電極 13 の構成元素を含む第 2 ターゲット（下部電極用ターゲット）が所定距離、離間して配置される。なお、第 2 ターゲットとしては、目的とする下部電極 13 の組成と同一の組成または近似組成のものが好適に使用される。

【0099】

前記工程〔1 A〕に引き続き、バッファ層 12 上に、下部電極を構成する各種金属原子（及び該当する場合には酸素原子）を含む原子のプルームを照射する。そして、このプルームがバッファ層 12 の表面（上面）に接触することにより、下部電極 13 が膜状に形成される。

【0100】

このプルームは、前記第 2 ターゲット表面に、前記工程〔1 A〕と同様に、レーザー光を照射することにより、第 2 ターゲットから各種金属原子等を含む原子を叩きだして、発生させるのが好ましい。

【0101】

このようなレーザー光は、前記工程〔1 A〕と同様に、ArFエキシマレーザーまたはKrFエキシマレーザーが好適である。

【0102】

なお、特に下部電極 13 としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第 2 の実施形態においては、前記工程〔1 A〕と同様に、バッファ層 12 の表面にイオンビームを照射しつつ、下部電極 13 を形成する。これにより、面内配向された下部電極 13 の第 1 層が形成される。そして、第 2 ターゲットに対するレーザー光の照射（プルームの発生）を継続させつつ、イオンビームの照射（イオンビームアシスト）を一定時間中止する。これにより、上記第 1 層上に、下部電極 13 の第 2 層がエピタキシャル成長により形成される。なお、イオンビー

ムの照射を中止した後、イオンビームの照射を再開してもよく、イオンビームの照射の再開及び中止を複数回繰り返しても良い。

【0103】

また、下部電極13の形成における各条件は、各種金属原子が、所定の比率（例えば、ペロブスカイト構造を有する金属酸化物における組成比）で、バッファ層12上に到達し、下部電極13を形成し得るものであればよく、例えば、次のようにすることができる。

【0104】

レーザー光の周波数は、30 Hz 以下程度とするのが好ましく、15 Hz 以下程度とするのがより好ましい。

【0105】

レーザー光のエネルギー密度は、 0.5 J/cm^2 以上とするのが好ましく、 2 J/cm^2 以上とするのがより好ましい。

【0106】

イオンビームの照射を併用する工程を含む場合、バッファ層12が形成された基板11の温度は、 $0 \sim 100^\circ\text{C}$ 程度とするのが好ましく、 $30 \sim 70^\circ\text{C}$ 程度とするのがより好ましい。

【0107】

バッファ層12が形成された基板11と第2ターゲットとの距離は、 $30 \sim 100 \text{ mm}$ とするのが好ましく、 $50 \sim 80 \text{ mm}$ 程度とするのがより好ましい。

【0108】

また、イオンビームの照射を併用する工程を含む場合、真空装置内の圧力は、 $1.33 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ ($1 \times 10^{-1} \text{ Torr}$) 以下とするのが好ましく、 $1.33 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ ($1 \times 10^{-3} \text{ Torr}$) 以下とするのがより好ましい。また、この場合、真空装置内の雰囲気は、不活性ガスと酸素との混合比を、体積比で $300:1 \sim 10:1$ 程度とするのが好ましく、 $150:1 \sim 50:1$ 程度とするのがより好ましい。

【0109】

下部電極13の形成における各条件を、それぞれ、前記範囲とすると、効率よ

く下部電極 13 を形成することができる。

【0110】

また、このとき、レーザー光の照射時間を適宜設定することにより、下部電極 13 の平均厚さを前述したような範囲に調整することができる。このレーザー光の照射時間は、前記各条件によっても異なるが、通常、3～90分程度とするのが好ましく、15～45分程度とするのがより好ましい。イオンビームを照射する場合の照射時間は、レーザー光の照射時間全体のうち20～80%程度の時間が望ましい。イオンビームの照射時間を調整することにより、イオンビームアシスト法による面内配向の層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続した層の厚みを調整することができる。

【0111】

なお、特にバッファ層 12 としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第 1 の実施形態においては、この下部電極形成工程により、イオンビームの照射を併用しなくても、下部電極 13 がバッファ層 12 上にエピタキシャル成長する。この場合、成膜時の基板 11 の温度は、300～800℃程度とするのが好ましく、400～700℃程度とするのがより好ましい。また、この場合の真空装置内の圧力は、1気圧以下が好ましく、そのうち、酸素分圧は、例えば、酸素ガス供給下で $1.33 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ ($1 \times 10^{-3} \text{ Torr}$) 以上とするのが好ましく、原子状酸素ラジカル供給下で $1.33 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ ($1 \times 10^{-5} \text{ Torr}$) 以上とするのが好ましい。なお、第 1 の実施形態における下部電極 13 の形成方法はこれに限らず、CVD法、レーザーアブレーションなどの方法でもよい。

【0112】

また、特に強誘電体膜 24 としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第 3 の実施形態においては、下部電極 13 は、上記の方法に限らず、例えば、スパッタ法、CVD法、MOCVD法、レーザーアブレーション法など、公知の薄膜形成法によって形成することができる。

【0113】

以上のようにして、下部電極 13 が得られる（図 2 参照）。

【0 1 1 4】**〔3 A〕強誘電体膜形成工程**

次に、下部電極 1 3 上に強誘電体膜 2 4 を形成する。これは、例えば、次のようにして行うことができる。

【0 1 1 5】

まず、前記工程〔1 A〕で詳述したイオンビームアシスト法によるバッファ層 1 2 の形成方法と同様に、基板 1 1 に対向して、前述したような強誘電体膜 2 4 の構成元素を含む第 3 ターゲット（強誘電体膜用ターゲット）が所定距離、離間して配置される。なお、第 3 ターゲットとしては、目的とする強誘電体膜 2 4 の組成と同一の組成または近似組成のものが好適に使用される。

【0 1 1 6】

前記工程〔2 A〕に引き続き、下部電極 1 3 上に、酸素原子および各種金属原子を含む原子のプルームを照射する。そして、このプルームが下部電極 1 3 の表面（上面）に接触することにより、ペロブスカイト構造を有する強誘電体材料（前述した通りである）を含む強誘電体膜 2 4 が、例えば正方晶（0 0 1）配向で膜状に形成される。

【0 1 1 7】

このプルームは、前記第 3 ターゲット表面に、前記工程〔1 A〕と同様に、レーザー光を照射することにより、第 3 ターゲットから酸素原子および各種金属原子を含む原子を叩きだして、発生させるのが好ましい。

【0 1 1 8】

このようなレーザー光は、前記工程〔1 A〕と同様に、A r F エキシマレーザーまたは K r F エキシマレーザーが好適である。

【0 1 1 9】

なお、特に強誘電体膜 2 4 としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第 3 の実施形態においては、前記工程〔1 A〕と同様に、下部電極 1 3 の表面にイオンビームを照射しつつ、強誘電体膜 2 4 を形成する。これにより、面内配向された強誘電体膜 2 4 の第 1 層が形成される。そして、第 3 ターゲットに対するレーザー光の照射（プルームの発生）を継続させつつ、イオンビームの照

射（イオンビームアシスト）を一定時間中止する。これにより、上記第1層上に、強誘電体膜24の第2層がエピタキシャル成長により形成される。なお、イオンビームの照射を中止した後、イオンビームの照射を再開してもよく、イオンビームの照射の再開及び中止を複数回繰り返しても良い。

【0120】

また、強誘電体膜24の形成における各条件は、各種金属原子が、所定の比率（すなわち、ペロブスカイト構造を有する強誘電体材料における組成比）で、下部電極13上に到達し、強誘電体膜24を形成し得るものであればよく、例えば、次のようにすることができる。

【0121】

レーザー光の周波数は、30Hz以下とするのが好ましく、15Hz以下とするのがより好ましい。

【0122】

レーザー光のエネルギー密度は、 0.5 J/cm^2 以上とするのが好ましく、 2 J/cm^2 以上とするのがより好ましい。

【0123】

イオンビームの照射を併用する工程を含む場合、下部電極13が形成された基板11の温度は、 $0\sim 100^\circ\text{C}$ 程度とするのが好ましく、 $30\sim 70^\circ\text{C}$ 程度とするのがより好ましい。

【0124】

下部電極13が形成された基板11と第3ターゲットとの距離は、 $30\sim 100\text{ mm}$ とするのが好ましく、 $50\sim 80\text{ mm}$ 程度とするのがより好ましい。

【0125】

また、イオンビームの照射を併用する工程を含む場合、真空装置内の圧力は、 $1.33\times 10^{-1}\text{ Pa}$ ($1\times 10^{-1}\text{ Torr}$) 以下とするのが好ましく、 $1.33\times 10^{-3}\text{ Pa}$ ($1\times 10^{-3}\text{ Torr}$) 以下とするのがより好ましい。また、この場合、真空装置内の雰囲気は、不活性ガスと酸素との混合比を、体積比で $300:1\sim 10:1$ 程度とするのが好ましく、 $150:1\sim 50:1$ 程度とするのがより好ましい。

【0126】

強誘電体膜 24 の形成における各条件を、それぞれ前記範囲とすると、効率よく強誘電体膜 24 を形成することができる。

【0127】

また、このとき、レーザー光の照射時間を適宜設定することにより、強誘電体膜 24 の平均厚さを前述したような範囲に調整することができる。このレーザー光の照射時間は、前記各条件によっても異なるが、通常、3～90分程度とするのが好ましく、15～45分程度とするのがより好ましい。イオンビームを照射する場合の照射時間は、レーザー光の照射時間全体のうち20～80%程度の時間が望ましい。イオンビームの照射時間を調整することにより、イオンビームアシスト法による面内配向の層と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続した層の厚みを調整することができる。

【0128】

なお、特にバッファ層 12 としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第 1 の実施形態と、下部電極 13 としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第 2 の実施形態においては、この強誘電体膜形成工程により、イオンビームの照射を併用しなくても、強誘電体膜 24 が下部電極 13 上にエピタキシャル成長する。この場合、基板 11 の温度は、300～800℃程度とするのが好ましく、400～700℃程度とするのがより好ましい。また、真空装置内の圧力は、1気圧以下が好ましく、そのうち、酸素分圧は、例えば、酸素ガス供給下で $1.33 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ ($1 \times 10^{-3} \text{ Torr}$) 以上とするのが好ましく、原子状酸素ラジカル供給下で $1.33 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ ($1 \times 10^{-5} \text{ Torr}$) 以上とするのが好ましい。なお、第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態における強誘電体膜 24 の形成方法はこれに限らず、CVD法、レーザーアブレーションなどの方法でもよい。

【0129】

以上のようにして、強誘電体膜 24 が得られる。

【0130】

[4A] 下部電極の取出工程

次に、強誘電体膜 2 4 の一部を除去して、下部電極 1 3 を取り出す。これは、例えば、フォトリソグラフィ法を用いることにより、行うことができる。

【0 1 3 1】

まず、除去する部分を残して、強誘電体膜 2 4 上にレジスト層を形成する。

【0 1 3 2】

次いで、強誘電体膜 2 4 に対して、エッチング処理（例えば、ウェットエッチング処理、ドライエッチング処理等）を施す。

【0 1 3 3】

次いで、前記レジスト層を除去する。これにより、下部電極 1 3 の一部（図 1 中左側）が露出する。

【0 1 3 4】

[5 A] 上部電極の形成工程

次に、強誘電体膜 2 4 上に上部電極 2 5 を形成する。これは、例えば、次のようにして行うことができる。

【0 1 3 5】

まず、所望のパターン形状を有するマスク層を、例えばスパッタリング法等により強誘電体膜 2 4 上に形成する。

【0 1 3 6】

次いで、例えば P t 等で構成される上部電極 2 5 の材料を、例えば、蒸着法、スパッタリング法、印刷法等を用いることにより、膜状に形成する。

【0 1 3 7】

次いで、前記マスク層を除去する。

【0 1 3 8】

以上のようにして、上部電極 2 5 が得られる。

【0 1 3 9】

以上のような工程 [1 A] ～ [5 A] を経て、キャパシタ 2 0 0 が製造される。

【0 1 4 0】

< 3 . 圧電体デバイスの構成 >

図 3 は、本発明の圧電体デバイス及びこれを用いた液体吐出ヘッドの実施形態を示す断面図である。

【0 1 4 1】

図 3 に示す圧電体デバイス 5 4 について、前記キャパシタ 2 0 0 との相違点を中心に説明する。圧電体デバイス 5 4 は、基板 5 2、基板 5 2 上の中間膜である振動板 5 5、振動板 5 5 上の下部電極 5 4 2、下部電極 5 4 2 上の圧電体膜 5 4 3、および圧電体膜 5 4 3 上の上部電極 5 4 1 を有している。

【0 1 4 2】

本実施形態の圧電体デバイスは、更に 3 種類の実施形態に分類される。第 1 の実施形態は中間膜である振動板 5 5 がイオンビームアシスト法により面内配向に形成された層を含むもの、第 2 の実施形態は下部電極 5 4 2 がイオンビームアシスト法により面内配向に形成された層を含むもの、第 3 の実施形態は圧電体膜 5 4 3 がイオンビームアシスト法により面内配向に形成された層を含むものである。

【0 1 4 3】

第 1 の実施形態における振動板 5 5、第 2 の実施形態における下部電極 5 4 2、第 3 の実施形態における圧電体膜 5 4 3 は、いずれも、イオンビームアシスト法により面内配向に形成された第 1 層の上に、イオンビームアシストを止めて堆積を継続した第 2 層を含む。また、イオンビームアシストの実行及び停止を複数回繰り返すことにより、上記第 1 層及び第 2 層の上に、更にイオンビームアシスト法により面内配向に形成された層を含んでも良い。また、その上に更にイオンビームアシストを止めて堆積した層を含んでも良い。また、その上に更に上記と同様の層の繰り返しを含んでも良い。

【0 1 4 4】

これら 3 種類の実施形態による圧電体デバイスにおいて、イオンビームアシストを止めて堆積した第 2 層は、面内配向された第 1 層の影響を受けて結晶成長するため、配向性が良好な層となる。よって、イオンビームの発生のために消費されるエネルギーを抑えつつ配向性が良好な膜を形成することができる。また、イオンビームアシストを止めて堆積する際には堆積中の薄膜がイオンビームにより

エッチングされることがないので、これら実施形態は堆積スピードが高いという利点がある。

【0145】

振動板 55 の組成としては、上記キャパシタ 200 におけるバッファ層 12 と同様の酸化物等を用いることができるが、特に、第 1 の実施形態においては、イオンビームアシスト法により面内配向膜の形成に適するものとして、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 NiO などの $NaCl$ 構造化合物が望ましい。なお、振動板 55 の下層には、図示しないバッファ層を備えていてもよい。

【0146】

下部電極 542 は、上記キャパシタ 200 と同様の材料で構成することができる。なお、振動板 55 としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第 1 の実施形態においては、振動板 55 の配向方位が揃っているので、この振動板 55 上に下部電極 542 を形成することにより、下部電極 542 は、配向方位が揃ったものとなる。特に、下部電極 542 は、振動板 55 上にエピタキシャル成長により形成することが望ましい。

【0147】

また、下部電極 542 としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第 2 の実施形態においては、下部電極 542 の組成は、特に $SrRuO_3$ 、 $LaNiO_x$ 、 $YBa_2Cu_3O_x$ 、または、これらを含む固溶体のうちの少なくとも 1 種であるのが好ましい。

【0148】

なお、下部電極 542 が、ペロブスカイト構造を有する金属酸化物である場合、ペロブスカイト構造を有する強誘電体材料との格子不整合が小さい。このため、第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態において、下部電極 542 上には、圧電体膜 543 を、容易かつ確実に、菱面体晶 (100) 配向でエピタキシャル成長させることができる。また、圧電体膜 543 は、下部電極 542 との接合性が向上する。

【0149】

圧電体膜 543 は、各種強誘電体材料で構成することができるが、ペロブスカ

イト構造を有する強誘電体材料を含むものが好ましく、ペロブスカイト構造を有する強誘電体材料を主材料とするものがより好ましい。さらに、ペロブスカイト構造を有する強誘電体材料としては、菱面体晶(100)配向であるもの、正方晶(001)配向であるもののいずれであってもよいが、特に、菱面体晶(100)配向であるものが好ましい。

【0150】

このペロブスカイト構造を有する強誘電体材料としては、前記キャパシタ200で挙げたのと同様のものを用いることができる。これにより、圧電体デバイス54は、各種特性が特に優れたものとなる。

【0151】

また、圧電体膜543の平均厚さは、特に限定されないが、例えば、100～3000nm程度であるのが好ましく、500～2000nm程度であるのがより好ましい。圧電体膜543の平均厚さを、前記範囲とすることにより、圧電体デバイス54の大型化を防止しつつ、各種特性を好適に発揮し得る圧電体デバイスとすることができる。

【0152】

振動板55としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第1の実施形態と、下部電極542としてイオンビームアシスト法による面内配向の層を含む第2の実施形態においては、前述の通りいずれも下部電極542の配向方位が揃っているので、この下部電極542上に圧電体膜543を形成することにより、圧電体膜543は、配向方位が揃ったものとなる。特に、圧電体膜543は、下部電極上にエピタキシャル成長により形成することが望ましい。

【0153】

また、第3の実施形態においては、圧電体膜543は、イオンビームアシスト法による面内配向の層を含み、前述のように圧電体膜543全体として良好な配向性を示すものとなる。

【0154】

圧電体膜543上には、上部電極541が形成されている。この上部電極541の構成材料および平均厚さは、それぞれ、前記キャパシタ200で記載した上

部電極 2 5 と同様とすることができる。

【0 1 5 5】

< 4. 圧電体デバイスの製造方法 >

次に、図 4 に基づき、圧電体デバイスの製造方法について説明する。

【0 1 5 6】

以下に示す圧電体デバイス 5 4 の製造方法は、基板 5 2 上に振動板 5 5 を形成する工程（振動板形成工程）と、振動板 5 5 上に下部電極 5 4 2 を形成する工程（下部電極形成工程）と、下部電極 5 4 2 上に圧電体膜 5 4 3 を形成する工程（圧電体膜形成工程）と、圧電体膜 5 4 3 上に上部電極 2 5 を形成する工程（上部電極形成工程）と、圧電体膜及び上部電極をパターンニングする工程（パターンニング工程）とを有している。以下、各工程について、順次説明する。

【0 1 5 7】

[1 C] 振動板形成工程

前記工程 [1 A] のバッファ層と同様にして行う。上記キャパシタ 2 0 0 と同様に、第 1 の実施形態においては、イオンビームアシスト法により面内配向に形成された第 1 層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第 2 層を形成する工程を有している。

【0 1 5 8】

[2 C] 下部電極形成工程

前記工程 [2 A] と同様にして行う。上記キャパシタ 2 0 0 と同様に、第 2 の実施形態においては、イオンビームアシスト法により面内配向に形成された第 1 層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第 2 層を形成する工程を有している。第 1 の実施形態においては、振動板 5 5 上に下部電極 5 4 2 をエピタキシャル成長させることが望ましい。

【0 1 5 9】

[3 C] 圧電体膜形成工程

次に、下部電極 5 4 2 上に圧電体膜 5 4 3 を形成する。これは、前記工程 [3 A] と同様にして行うことができる。上記キャパシタ 2 0 0 と同様に、第 3 の実施形態においては、イオンビームアシスト法により面内配向に形成された第 1 層

を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第2層を形成する工程を有している。第1の実施形態及び第2の実施形態においては、下部電極542上に圧電体膜543をエピタキシャル成長させることが望ましい。

【0160】

[4C] 上部電極形成工程

次に図4 [4C] に示すように、圧電体薄膜543上に上部電極541を形成する。具体的には、上部電極541として白金(Pt)等を100nmの膜厚に直流スパッタ法で成膜する。

【0161】

[5C] パターニング工程

図4 [5C] に示すように、圧電体薄膜543及び上部電極541を所定形状に加工して圧電体デバイスを形成する。具体的には、上部電極541上にレジストをスピンコートした後、所定形状に露光・現像してパターニングする。残ったレジストをマスクとして上部電極541、圧電体薄膜543をイオンミリング等でエッチングする。

【0162】

以上のような工程[1C]～[5C]を経て、圧電体デバイス54が製造される。

【0163】

<5. 強誘電体メモリの構成>

次に、本発明の強誘電体デバイスをキャパシタとして備える強誘電体メモリについて説明する。

【0164】

図5は、本発明の強誘電体メモリの実施形態を模式的に示す平面図であり、図6は、図5中のA-A線断面の一部を拡大した図である。なお、図5では、煩雑となることを避けるため、断面であることを示す斜線を一部省略して示す。

【0165】

図6に示すように、強誘電体メモリ40は、メモリセルアレイ42と、周辺回路部41とを有している。これらのメモリセルアレイ42と周辺回路部41とは

、異なる層に形成されている。本実施形態では、下層（下側）に周辺回路部 4 1 が、上層（上側）にメモリセルアレイ 4 2 が形成されている。

【0166】

メモリセルアレイ 4 2 は、行選択のための第 1 信号電極（ワード線）4 2 2 と、列選択のための第 2 信号電極（ビット線）4 2 4 とが直交するように配列されている。なお、信号電極の配置は、前記のものに限らず、逆であってもよい。すなわち、第 1 信号電極 4 2 2 がビット線、第 2 信号電極 4 2 4 がワード線でもよい。

【0167】

これらの第 1 信号電極 4 2 2 と第 2 信号電極 4 2 4 との間には、強誘電体膜 4 2 3 が配置され、第 1 信号電極 4 2 2 と第 2 信号電極 4 2 4 との交差領域において、それぞれ、単位キャパシタ（メモリセル）が構成されている。

【0168】

また、第 1 信号電極 4 2 2、強誘電体膜 4 2 3 および第 2 信号電極 4 2 4 を覆うように、絶縁材料からなる第 1 保護層 4 2 5 が形成されている。

【0169】

さらに、第 2 配線層 4 4 を覆うように第 1 保護層 4 2 5 上に絶縁材料からなる第 2 保護層 4 2 6 が形成されている。

【0170】

第 1 信号電極 4 2 2 および第 2 信号電極 4 2 4 は、それぞれ、第 2 配線層 4 4 によって周辺回路部 4 1 の第 1 配線層 4 3 と電氣的に接続されている。

【0171】

周辺回路部 4 1 は、図 5 に示すように、第 1 信号電極 4 2 2 を選択的に制御するための第 1 駆動回路 4 5 1 と、第 2 信号電極 4 2 4 を選択的に制御するための第 2 駆動回路 4 5 2 と、センスアンプなどの信号検出回路 4 5 3 とを有しており、前記の単位キャパシタ（メモリセル）に対して選択的に情報の書き込み、または、読み出しを行うことができる。

【0172】

また、周辺回路部 4 1 は、図 6 に示すように、半導体基板 4 1 1 上に形成され

たMOSトランジスタ412を有している。このMOSトランジスタ412は、ゲート絶縁層412a、ゲート電極412bおよびソース／ドレイン領域412cを有している。

【0173】

各MOSトランジスタ412は、それぞれ、素子分離領域413によって分離されるとともに、所定のパターンで形成された第1配線層43によって、それぞれ、電氣的接続がなされている。

【0174】

MOSトランジスタ412が形成された半導体基板411上には、第1層間絶縁層414が、さらに、第1層間絶縁層414上には、第1配線層43を覆うようにして第2層間絶縁層415が形成されている。

【0175】

この第2層間絶縁層415上には、バッファ層421を含んだメモリセルアレイ42が設けられている。

【0176】

そして、周辺回路部41とメモリセルアレイ42とは、第2配線層44によって電氣的に接続されている。

【0177】

本実施形態では、第2層間絶縁層415、バッファ層421、第1信号電極422、強誘電体膜423および第2信号電極424により、前述したキャパシタ200が構成されている。

【0178】

以上の構成のような強誘電体メモリ40によれば、単一の半導体基板411上に周辺回路部41およびメモリセルアレイ42が積層されているので、周辺回路部41とメモリセルアレイ42とを同一面に配置した場合に比べて、チップ面積を大幅に小さくすることができ、単位キャパシタ（メモリセル）の集積度を高めることができる。

【0179】

このような強誘電体メモリ40における書き込み、読み出し動作の一例につい

て説明する。

【0180】

まず、読み出し動作においては、選択された単位キャパシタに読み出し電圧「 V_0 」が印加される。これは、同時に‘0’の書き込み動作を兼ねている。このとき、選択されたビット線を流れる電流またはビット線をハイインピーダンスにしたときの電位をセンスアンプにて読み出す。

【0181】

なお、このとき、選択されない単位キャパシタには、読み出し時のクロストークを防ぐため、所定の電圧が印加される。

【0182】

一方、書き込み動作においては、‘1’の書き込みの場合は、選択された単位キャパシタに「 $-V_0$ 」の電圧が印加される。‘0’の書き込みの場合は、選択された単位キャパシタに、この選択された単位キャパシタの分極を反転させない電圧が印加され、読み出し動作時に書き込まれた‘0’状態を保持する。

【0183】

なお、このとき、選択されない単位キャパシタには、書き込み時のクロストークを防ぐため、所定の電圧が印加される。

【0184】

<6. 強誘電体メモリの製造方法>

次に、強誘電体メモリ40の製造方法の一例について説明する。

【0185】

前述したような強誘電体メモリ40は、例えば、次のようにして製造することができる。

【0186】

— 1 — まず、公知のLSIプロセス（半導体プロセス）を用いて、周辺回路部41を形成する。

【0187】

具体的には、半導体基板411上に、MOSトランジスタ412を形成する。例えば、半導体基板411上の所定領域にトレンチ分離法、LOCOS法等を用

いて素子分離領域 4 1 3 を形成し、次いで、ゲート絶縁層 4 1 2 a およびゲート電極 4 1 2 b を形成し、その後、半導体基板 4 1 1 に不純物をドーピングすることでソース／ドレイン領域 4 1 2 c を形成する。

【0 1 8 8】

－ 2 － 次、第 1 層間絶縁層 4 1 4 を形成した後、コンタクトホールを形成し、その後、所定パターンの第 1 配線層 4 3 を形成する。

【0 1 8 9】

－ 3 － 次、第 1 配線層 4 3 が形成された第 1 層間絶縁層 4 1 4 上に、第 2 層間絶縁層 4 1 5 を形成する。

【0 1 9 0】

以上のようにして、駆動回路 4 5 1、4 5 2 および信号検出回路 4 5 3 等の各種回路を有する周辺回路部 4 1 が形成される。

【0 1 9 1】

－ 4 － 次、周辺回路部 4 1 上に、メモリセルアレイ 4 2 を形成する。これは、前述した工程 [1 A] ～ [5 A] と同様にして行うことができる。

【0 1 9 2】

－ 5 － 次、第 2 信号電極 4 2 4 が形成された強誘電体膜 4 2 3 上に、第 1 保護層 4 2 5 を形成し、さらに、第 1 保護層 4 2 5 の所定領域にコンタクトホールを形成し、その後、所定パターンの第 2 配線層 4 4 を形成する。これにより、周辺回路部 4 1 とメモリセルアレイ 4 2 とが電氣的に接続される。

【0 1 9 3】

－ 6 － 次、最上層に、第 2 保護層 4 2 6 を形成する。

【0 1 9 4】

以上のようにして、メモリセルアレイ 4 2 が形成され、強誘電体メモリ 4 0 が得られる。

【0 1 9 5】

このような強誘電体メモリ 4 0 は、各種電子機器に適用することができる。この電子機器としては、パーソナルコンピュータ、IC カード、タグ、携帯電話等が挙げられる。

【0 1 9 6】**< 7. インクジェット式記録ヘッドの構成 >**

本発明の圧電体デバイスを備える液体吐出ヘッドであるインクジェット式記録ヘッドについて説明する。

【0 1 9 7】

図 7 は、本実施形態のインクジェット式記録ヘッドの実施形態を示す分解斜視図である。前述の図 3 は、図 7 に示すインクジェット式記録ヘッドの主要部の構成を断面図で表したものである。なお、図 7 は、通常使用される状態とは、上下逆に示されている。

【0 1 9 8】

図 7 に示すインクジェット式記録ヘッド 5 0（以下、単に「ヘッド 5 0」と言う。）は、ノズル板 5 1 と、インク室基板 5 2 と、振動板 5 5 と、振動板 5 5 に接合された圧電素子（振動源） 5 4 とを備え、これらが基体 5 6 に収納されている。なお、このヘッド 5 0 は、オンデマンド形のピエゾジェット式ヘッドを構成する。

【0 1 9 9】

ノズル板 5 1 は、例えばステンレス製の圧延プレート等で構成されている。このノズル板 5 1 には、インク滴を吐出するための多数のノズル 5 1 1 が形成されている。これらのノズル 5 1 1 間のピッチは、印刷精度に応じて適宜設定される。

【0 2 0 0】

このノズル板 5 1 には、インク室基板 5 2 が固着（固定）されている。このインク室基板 5 2 は、ノズル板 5 1、側壁（隔壁） 5 2 2 および後述する振動板 5 5 により、複数のインク室（キャビティ、圧力室） 5 2 1 と、インクカートリッジ 6 3 1 から供給されるインクを一時的に貯留するリザーバ 5 2 3 と、リザーバ 5 2 3 から各インク室 5 2 1 に、それぞれインクを供給する供給口 5 2 4 とが区画形成されている。

【0 2 0 1】

これらのインク室 5 2 1 は、それぞれ短冊状（直方体状）に形成され、各ノズ

ル 5 1 1 に対応して配設されている。各インク室 5 2 1 は、後述する振動板 5 5 の振動により容積可変であり、この容積変化により、インクを吐出するよう構成されている。

【 0 2 0 2 】

このインク室基板 5 2 を得るための母材としては、例えば、シリコン単結晶基板、各種ガラス基板、各種プラスチック基板等を用いることができる。これらの基板は、いずれも汎用的な基板であるので、これらの基板を用いることにより、ヘッド 5 0 の製造コストを低減することができる。

【 0 2 0 3 】

また、これらの中でも、母材としては、(1 1 0) 配向シリコン単結晶基板を用いるのが好ましい。この (1 1 0) 配向シリコン単結晶基板は、異方性エッチングに適しているのでインク室基板 5 2 を、容易かつ確実に形成することができる。

【 0 2 0 4 】

このインク室基板 5 2 の平均厚さは、特に限定されないが、 $10 \sim 1000 \mu\text{m}$ 程度とするのが好ましく、 $100 \sim 500 \mu\text{m}$ 程度とするのがより好ましい。

【 0 2 0 5 】

また、インク室 5 2 1 の容積は、特に限定されないが、 $0.1 \sim 100 \text{ nL}$ 程度とするのが好ましく、 $0.1 \sim 10 \text{ nL}$ 程度とするのがより好ましい。

【 0 2 0 6 】

一方、インク室基板 5 2 のノズル板 5 1 と反対側には、振動板 5 5 が接合され、さらに振動板 5 5 のインク室基板 5 2 と反対側には、複数の圧電素子 5 4 が設けられている。

【 0 2 0 7 】

また、振動板 5 5 の所定位置には、振動板 5 5 の厚さ方向に貫通して連通孔 5 3 1 が形成されている、この連通孔 5 3 1 を介して、後述するインクカートリッジ 6 3 1 からリザーバ 5 2 3 に、インクが供給可能となっている。

【 0 2 0 8 】

各圧電素子 5 4 は、それぞれ、下部電極 5 4 2 と上部電極 5 4 1 との間に圧電

体膜 5 4 3 を介挿してなり、各インク室 5 2 1 のほぼ中央部に対応して配設されている。各圧電素子 5 4 は、後述する圧電素子駆動回路に電氣的に接続され、圧電素子駆動回路の信号に基づいて作動（振動、変形）するよう構成されている。

【 0 2 0 9 】

これらの圧電素子 5 4 は、それぞれ、振動源として機能し、振動板 5 5 は、圧電素子 5 4 の振動により振動し、インク室 5 2 1 の内部圧力を瞬間的に高めるよう機能する。

【 0 2 1 0 】

基体 5 6 は、例えば各種樹脂材料、各種金属材料等で構成されており、この基体 5 6 にインク室基板 5 2 が固定、支持されている。

【 0 2 1 1 】

このようなヘッド 5 0 は、圧電素子駆動回路を介して所定の吐出信号が入力されていない状態、すなわち、圧電素子 5 4 の下部電極 5 4 2 と上部電極 5 4 1 との間に電圧が印加されていない状態では、圧電体膜 5 4 3 に変形が生じない。このため、振動板 5 5 にも変形が生じず、インク室 5 2 1 には容積変化が生じない。したがって、ノズル 5 1 1 からインク滴は吐出されない。

【 0 2 1 2 】

一方、圧電素子駆動回路を介して所定の吐出信号が入力された状態、すなわち、圧電素子 5 4 の下部電極 5 4 2 と上部電極 5 4 1 との間に一定電圧が印加された状態では、圧電体膜 5 4 3 に変形が生じる。これにより、振動板 5 5 が大きくたわみ、インク室 5 2 1 の容積変化が生じる。このとき、インク室 5 2 1 内の圧力が瞬間的に高まり、ノズル 5 1 1 からインク滴が吐出される。

【 0 2 1 3 】

1 回のインクの吐出が終了すると、圧電素子駆動回路は、下部電極 5 4 2 と上部電極 5 4 1 との間への電圧の印加を停止する。これにより、圧電素子 5 4 は、ほぼ元の形状に戻り、インク室 5 2 1 の容積が増大する。なお、このとき、インクには、後述するインクカートリッジ 6 3 1 からノズル 5 1 1 へ向かう圧力（正方向への圧力）が作用している。このため、空気がノズル 5 1 1 からインク室 5 2 1 へと入り込むことが防止され、インクの吐出量に見合った量のインクがイン

クカートリッジ 6 3 1 からリザーバ 5 2 3 を経てインク室 5 2 1 へ供給される。

【 0 2 1 4 】

このようにして、ヘッド 5 0 において、印刷させたい位置の圧電素子 5 4 に、圧電素子駆動回路を介して吐出信号を順次入力することにより、任意の（所望の）文字や図形等を印刷することができる。

【 0 2 1 5 】

< 8. インクジェット式記録ヘッドの製造方法 >

次に、ヘッド 5 0 の製造方法の一例について説明する。前述したようなヘッド 5 0 は、例えば、次のようにして製造することができる。

【 0 2 1 6 】

－ 1 0 － まず、インク室基板 5 2 となる母材と、振動板 5 5 とを貼り合わせ（接合して）、これらを一体化させる。

【 0 2 1 7 】

この接合には、例えば、母材と振動板 5 5 とを圧着させた状態で熱処理する方法が好適に用いられる。かかる方法によれば、容易かつ確実に、母材と振動板 5 5 とを一体化させることができる。

【 0 2 1 8 】

この熱処理条件は、特に限定されないが、1 0 0 ～ 6 0 0 ℃ × 1 ～ 2 4 時間程度とするのが好ましく、3 0 0 ～ 6 0 0 ℃ × 6 ～ 1 2 時間程度とするのがより好ましい。なお、接合には、その他の各種接着方法、各種融着方法等を用いてもよい。

【 0 2 1 9 】

－ 2 0 － 次に、振動板 5 5 上に圧電素子 5 4 を形成する。これは、前述した工程 [1 C] ～ [5 C] と同様に行うことができる。

【 0 2 2 0 】

－ 3 0 － 次に、インク室基板 5 2 となる母材の圧電素子 5 4 に対応した位置に、それぞれインク室 5 2 1 となる凹部を、また、所定位置にリザーバ 5 2 3 および供給口 5 2 4 となる凹部を形成する。

【 0 2 2 1 】

具体的には、インク室521、リザーバ523および供給口524を形成すべき位置に合せて、マスク層を形成した後、例えば、平行平板型反応性イオンエッチング、誘導結合型方式、エレクトロンサイクロトロン共鳴方式、ヘリコン波励起方式、マグネトロン方式、プラズマエッチング方式、イオンビームエッチング方式等のドライエッチング、5重量%～40重量%程度の水酸化カリウム、テトラメチルアンモニウムハイドロオキサイド等の高濃度アルカリ水溶液によるウェットエッチングを行う。

【0222】

これにより、母材を、その厚さ方向に振動板55が露出する程度にまで削り取り（除去し）、インク室基板52を形成する。なお、このとき、エッチングされずに残った部分が、側壁522となり、また、露出した振動板55は、振動板としての機能を発揮し得る状態となる。

【0223】

なお、母材として、(110)配向シリコン基板を用いる場合には、前述の高濃度アルカリ水溶液を用いることにより、母材は、容易に異方性エッチングされるので、インク室基板52の形成が容易となる。

【0224】

－40－ 次に、複数のノズル511が形成されたノズル板51を、各ノズル511が各インク室521となる凹部に対応するように位置合わせして接合する。これにより、複数のインク室521、リザーバ523および複数の供給口524が画成される。

【0225】

この接合には、例えば、接着剤による接着等の各種接着方法、各種融着方法等を用いることができる。

【0226】

－50－ 次に、インク室基板52を基体56に取り付ける。以上のようにして、インクジェット式記録ヘッド50が得られる。

【0227】

<9. インクジェットプリンタ>

本発明のインクジェット式記録ヘッドを備えた液体吐出装置であるインクジェットプリンタについて説明する。

【0 2 2 8】

図 8 は、本実施形態のインクジェットプリンタの実施形態を示す概略図である。なお、以下の説明では、図 8 中、上側を「上部」、下側を「下部」と言う。

【0 2 2 9】

図 8 に示すインクジェットプリンタ 6 0 は、装置本体 6 2 を備えており、上部後方に記録用紙 P を設置するトレイ 6 2 1 と、下部前方に記録用紙 P を排出する排出口 6 2 2 と、上部面に操作パネル 6 7 とが設けられている。

【0 2 3 0】

操作パネル 6 7 は、例えば、液晶ディスプレイ、有機 E L ディスプレイ、L E D ランプ等で構成され、エラーメッセージ等を表示する表示部（図示せず）と、各種スイッチ等で構成される操作部（図示せず）とを備えている。

【0 2 3 1】

また、装置本体 6 2 の内部には、主に、往復動するヘッドユニット 6 3 を備える印刷装置（印刷手段） 6 4 と、記録用紙 P を 1 枚ずつ印刷装置 6 4 に送り込む給紙装置（給紙手段） 6 5 と、印刷装置 6 4 および給紙装置 6 5 を制御する制御部（制御手段） 6 6 とを有している。

【0 2 3 2】

制御部 6 6 の制御により、給紙装置 6 5 は、記録用紙 P を一枚ずつ間欠送りする。この記録用紙 P は、ヘッドユニット 6 3 の下部近傍を通過する。このとき、ヘッドユニット 6 3 が記録用紙 P の送り方向とほぼ直交する方向に往復移動して、記録用紙 P への印刷が行なわれる。すなわち、ヘッドユニット 6 3 の往復動と、記録用紙 P の間欠送りとが、印刷における主走査および副走査となって、インクジェット方式の印刷が行なわれる。

【0 2 3 3】

印刷装置 6 4 は、ヘッドユニット 6 3 と、ヘッドユニット 6 3 の駆動源となるキャリッジモータ 6 4 1 と、キャリッジモータ 6 4 1 の回転を受けて、ヘッドユニット 6 3 を往復動させる往復動機構 6 4 2 とを備えている。

【0234】

ヘッドユニット63は、その下部に、多数のノズル511を備えるインクジェット式記録ヘッド50と、インクジェット式記録ヘッド50にインクを供給するインクカートリッジ631と、インクジェット式記録ヘッド50およびインクカートリッジ631を搭載したキャリッジ632とを有している。

【0235】

なお、インクカートリッジ631として、イエロー、シアン、マゼンタ、ブラック（黒）の4色のインクを充填したものをを用いることにより、フルカラー印刷が可能となる。この場合、ヘッドユニット63には、各色にそれぞれ対応したインクジェット式記録ヘッド50が設けられることになる。

【0236】

往復動機構642は、その両端をフレーム（図示せず）に支持されたキャリッジガイド軸643と、キャリッジガイド軸643と平行に延在するタイミングベルト644とを有している。

【0237】

キャリッジ632は、キャリッジガイド軸643に往復動自在に支持されるとともに、タイミングベルト644の一部に固定されている。

【0238】

キャリッジモータ641の作動により、プーリを介してタイミングベルト644を正逆走行させると、キャリッジガイド軸643に案内されて、ヘッドユニット63が往復動する。そして、この往復動の際に、インクジェット式記録ヘッド50から適宜インクが吐出され、記録用紙Pへの印刷が行われる。

【0239】

給紙装置65は、その駆動源となる給紙モータ651と、給紙モータ651の作動により回転する給紙ローラ652とを有している。

【0240】

給紙ローラ652は、記録用紙Pの送り経路（記録用紙P）を挟んで上下に対向する従動ローラ652aと駆動ローラ652bとで構成され、駆動ローラ652bは給紙モータ651に連結されている。これにより、給紙ローラ652は、

トレイ 6 2 1 に設置した多数枚の記録用紙 P を、印刷装置 6 4 に向かって 1 枚ずつ送り込めるようになっている。なお、トレイ 6 2 1 に代えて、記録用紙 P を収容する給紙カセットを着脱自在に装着し得るような構成であってもよい。

【 0 2 4 1 】

制御部 6 6 は、例えばパーソナルコンピュータやデジタルカメラ等のホストコンピュータから入力された印刷データに基づいて、印刷装置 6 4 や給紙装置 6 5 等を制御することにより印刷を行うものである。

【 0 2 4 2 】

制御部 6 6 は、いずれも図示しないが、主に、各部を制御する制御プログラム等を記憶するメモリ、圧電素子（振動源）5 4 を駆動して、インクの吐出タイミングを制御する圧電素子駆動回路、印刷装置 6 4 （キャリッジモータ 6 4 1）を駆動する駆動回路、給紙装置 6 5 （給紙モータ 6 5 1）を駆動する駆動回路、および、ホストコンピュータからの印刷データを入手する通信回路と、これらに電氣的に接続され、各部での各種制御を行う CPU とを備えている。

【 0 2 4 3 】

また、CPU には、例えば、インクカートリッジ 6 3 1 のインク残量、ヘッドユニット 6 3 の位置、温度、湿度等の印刷環境等を検出可能な各種センサが、それぞれ電氣的に接続されている。

【 0 2 4 4 】

制御部 6 6 は、通信回路を介して、印刷データを入手してメモリに格納する。CPU は、この印刷データを処理して、この処理データおよび各種センサからの入力データに基づいて、各駆動回路に駆動信号を出力する。この駆動信号により圧電素子 5 4 、印刷装置 6 4 および給紙装置 6 5 は、それぞれ作動する。これにより、記録用紙 P に印刷が行われる。

【 0 2 4 5 】

< 1 0 . その他 >

以上、本発明の強誘電体デバイス、圧電体デバイス、強誘電体メモリ、電子機器、インクジェット式記録ヘッドおよびインクジェットプリンタについて、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明は、これらに限定されるものではない

。

【0 2 4 6】

例えば、本発明の強誘電体デバイス、圧電体デバイス、強誘電体メモリ、電子機器、インクジェット式記録ヘッドおよびインクジェットプリンタを構成する各部は、同様の機能を発揮する任意のものと置換、またはその他の構成を追加することもできる。

【0 2 4 7】

また、例えば、強誘電体デバイス、圧電体デバイス、強誘電体メモリおよびインクジェット式記録ヘッドの製造方法では、それぞれ、任意の工程を追加することもできる。

【0 2 4 8】

また、前記実施形態のインクジェット式記録ヘッドの構成は、例えば、各種工業用液体吐出装置の液体吐出機構に適用することもできる。この場合、液体吐出装置では、前述したようなインク（イエロー、シアン、マゼンダ、ブラック等のカラー染料インク）の他、例えば、液体吐出機構のノズル（液体吐出口）からの吐出に適当な粘度を有する溶液や液状物質等が使用可能である。

【0 2 4 9】

【発明の効果】

本発明によれば、結晶配向が所望の向きに揃えられた圧電体膜又は強誘電体膜を備えた圧電体デバイス又は強誘電体デバイスを効率良く製造する方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の強誘電体デバイスであるキャパシタの断面図である。

【図 2】

本発明の強誘電体デバイスの製造方法を説明するための図である。

【図 3】

本発明の圧電体デバイス及びこれを用いた液体吐出ヘッドの実施形態を示す断面図である。

【図 4】

圧電体デバイスの製造方法について説明するための図である。

【図 5】

本発明の強誘電体メモリの実施形態を模式的に示す平面図である。

【図 6】

図 5 中の A - A 線断面図である。

【図 7】

本発明の液体吐出ヘッドであるインクジェット式記録ヘッドの実施形態を示す分解斜視図である。

【図 8】

本発明の液体吐出装置であるインクジェットプリンタの実施形態を示す概略図である。

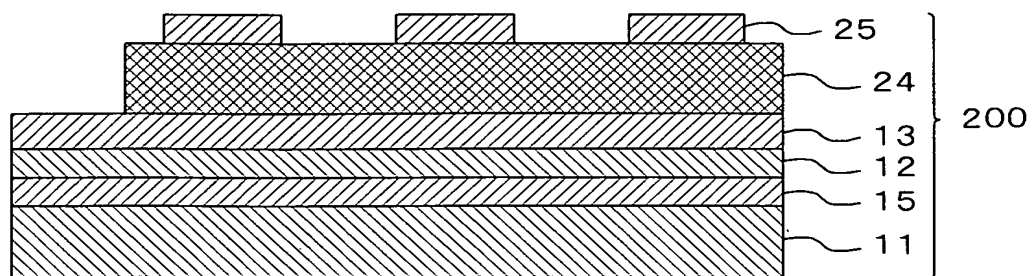
【符号の説明】

1 1…基板、1 2…バッファ層、1 3…下部電極、1 5…アモルファス層、2 0 0…キャパシタ、2 4…強誘電体膜、2 5…上部電極、4 0…強誘電体メモリ、4 1…周辺回路部、4 1 1…半導体基板、4 1 2…MOS トランジスタ、4 1 2 a…ゲート絶縁層、4 1 2 b…ゲート電極、4 1 2 c…ソース／ドレイン領域、4 1 3…素子分離領域、4 1 4…第 1 層間絶縁層、4 1 5…第 2 層間絶縁層、4 2…メモリセルアレイ、4 2 1…バッファ層、4 2 2…第 1 信号電極、4 2 3…強誘電体膜、4 2 4…第 2 信号電極、4 2 5…第 1 保護層、4 2 6…第 2 保護層、4 3…第 1 配線層、4 4…第 2 配線層、4 5 1…第 1 駆動回路、4 5 2…第 2 駆動回路、4 5 3…信号検出回路、5 0…インクジェット式記録ヘッド、5 1…ノズル板、5 1 1…ノズル、5 2…インク室基板、5 2 1…インク室、5 2 2…側壁、5 2 3…リザーバ、5 2 4…供給口、5 3 1…連通孔、5 4…圧電素子、5 4 1…上部電極、5 4 2…下部電極、5 4 3…圧電体膜、5 5…振動板、5 6…基体、6 0…インクジェットプリンタ、6 2…装置本体、6 2 1…トレイ、6 2 2…排紙口、6 3…ヘッドユニット、6 3 1…インクカートリッジ、6 3 2…キャリッジ、6 4…印刷装置、6 4 1…キャリッジモータ、6 4 2…往復動機構、6 4 3…キャリッジガイド軸、6 4 4…タイミングベルト、6 5…給紙装置

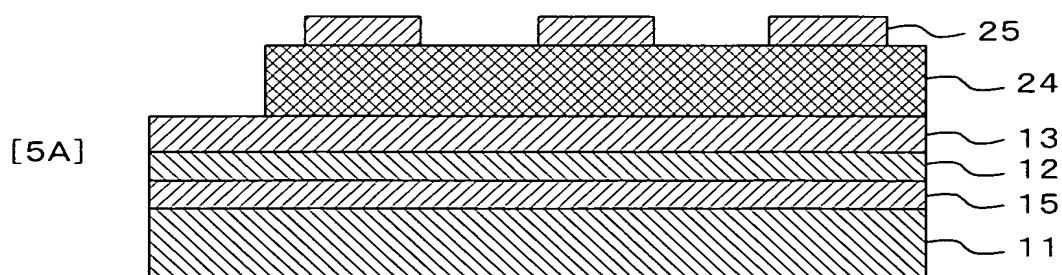
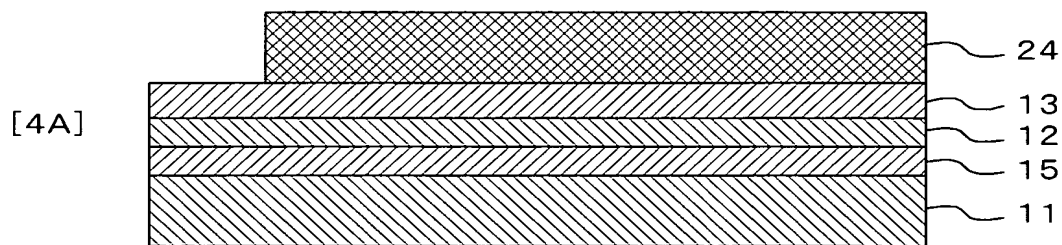
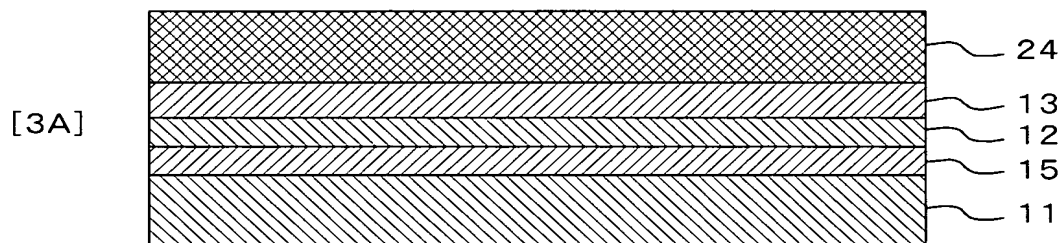
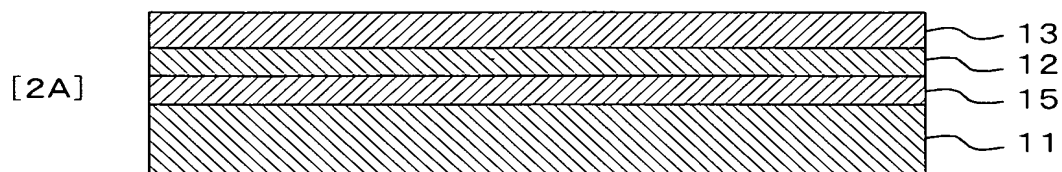
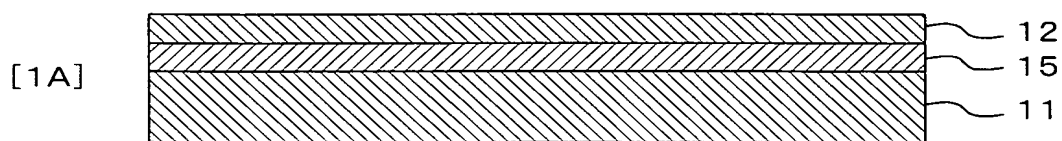
、 6 5 1 …給紙モータ、 6 5 2 …給紙ローラ、 6 5 2 a …従動ローラ、 6 5 2 b
…駆動ローラ、 6 6 …制御部、 6 7 …操作パネル、 P …記録用紙

【書類名】 図面

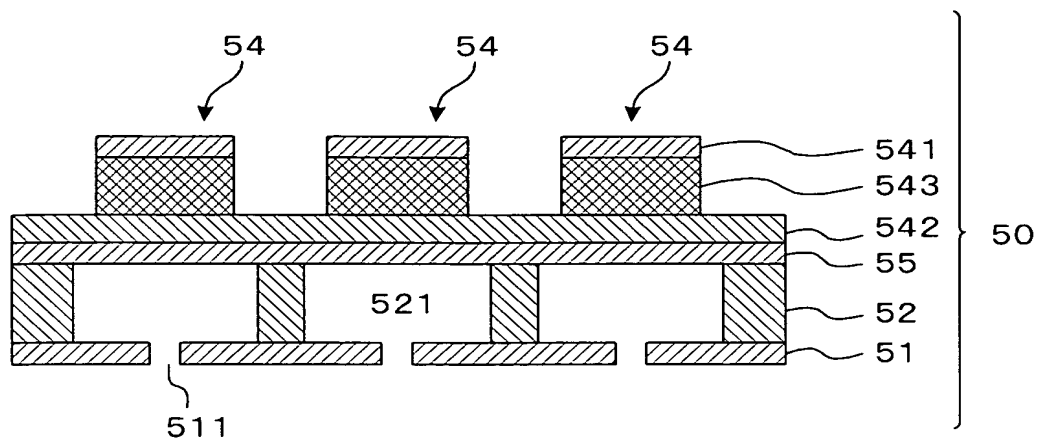
【図 1】



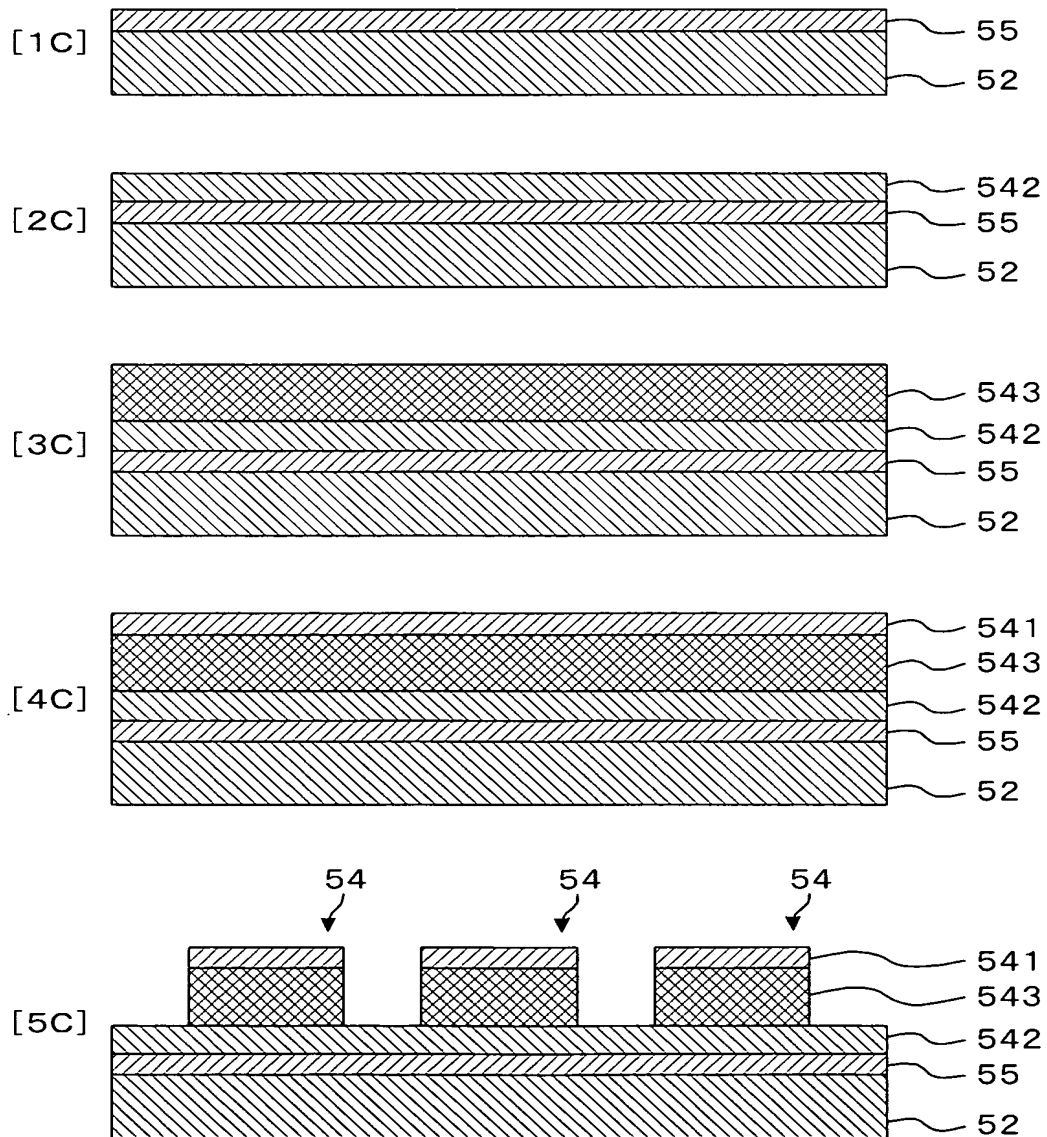
【図 2】



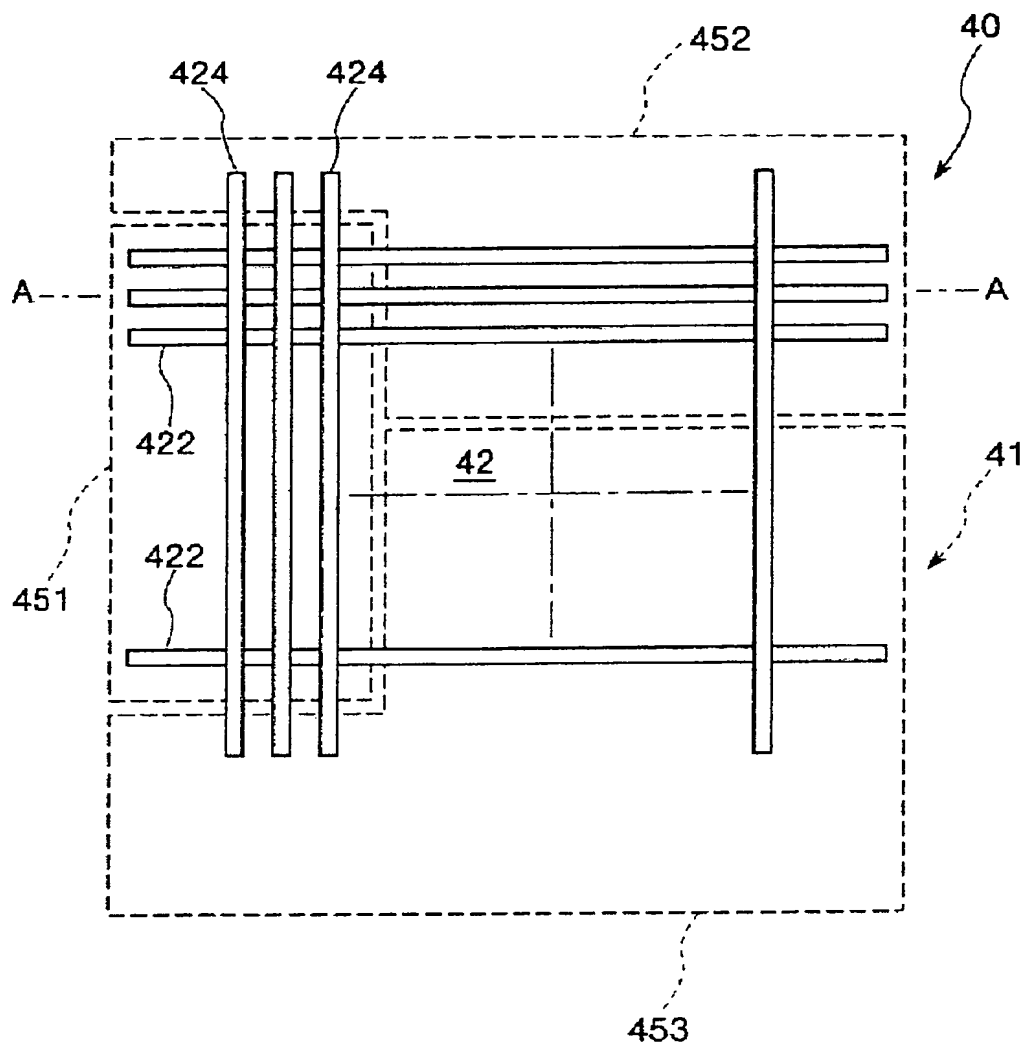
【図 3】



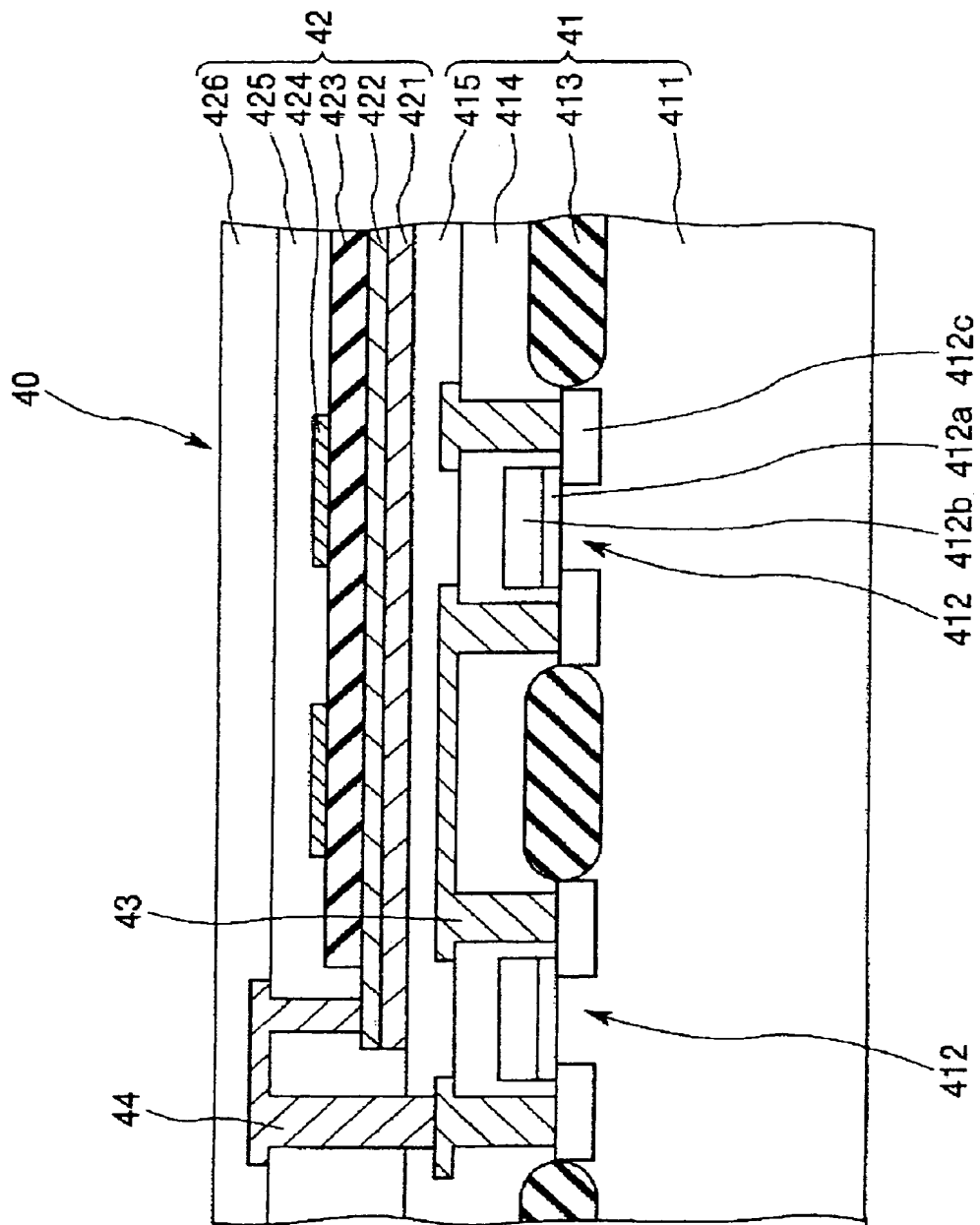
【図 4】



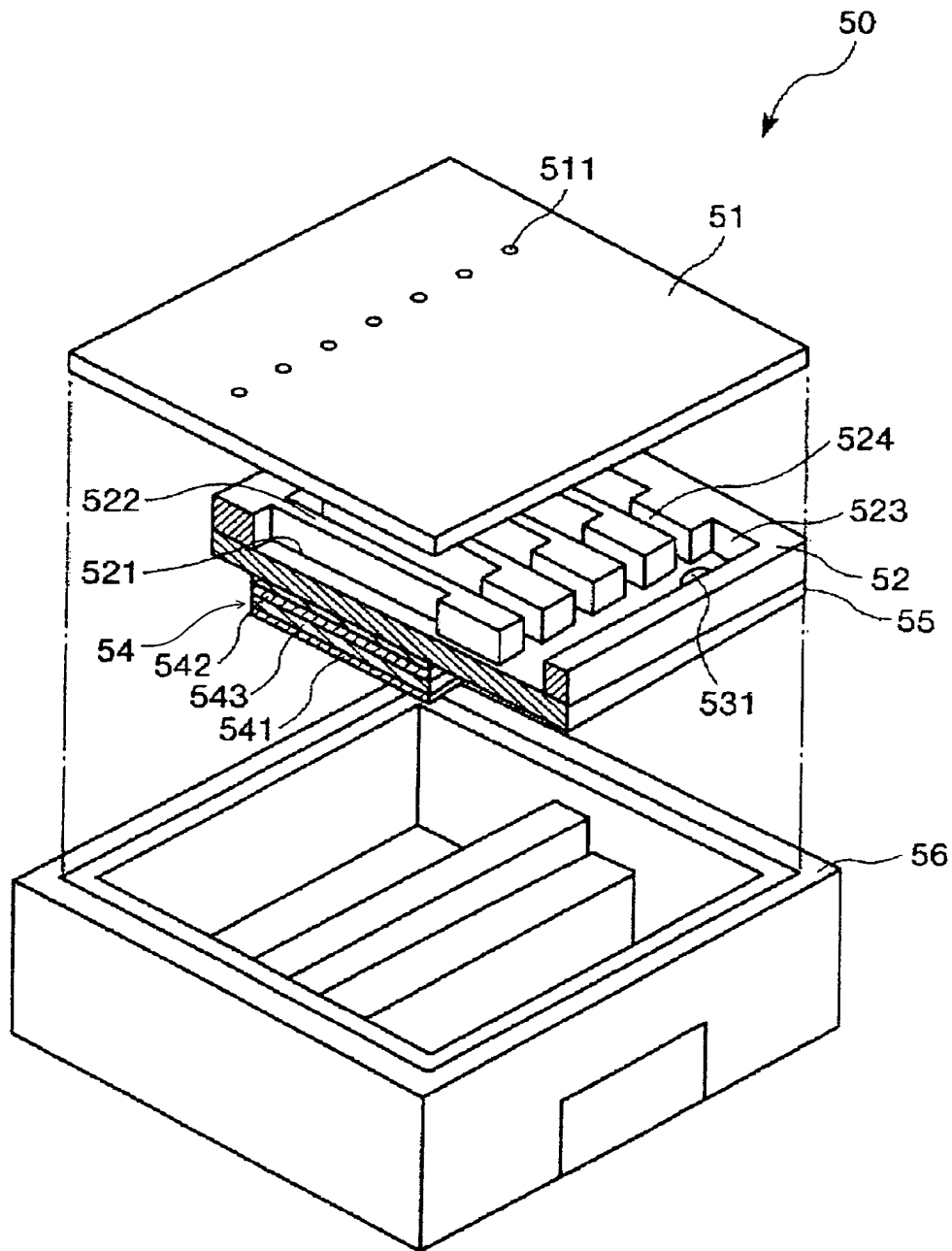
【図 5】



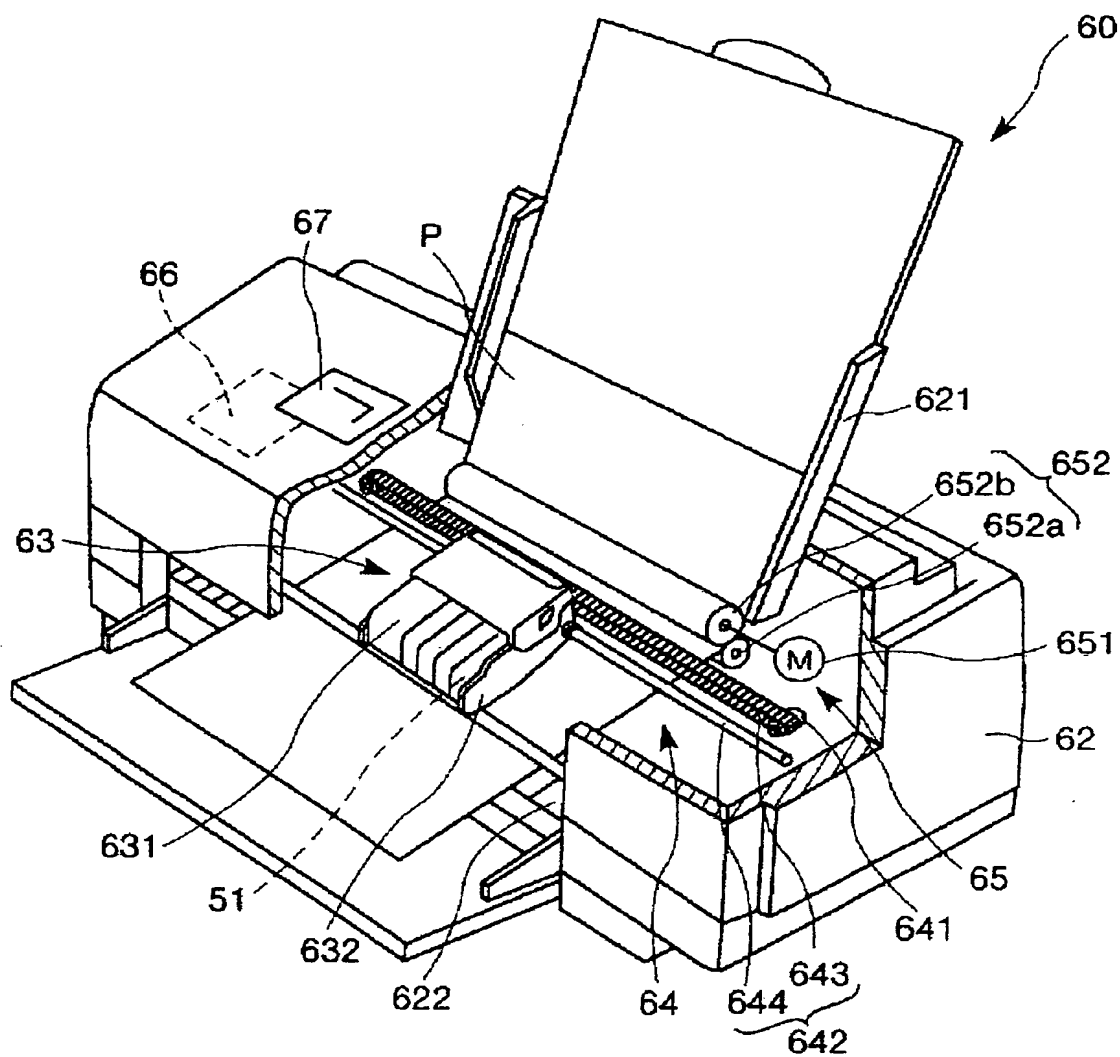
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 結晶配向が所望の向きに揃えられた圧電体膜又は強誘電体膜を備えた圧電体デバイス又は強誘電体デバイスを効率良く製造する方法を提供する。

【解決手段】 基板（１１、５２）の上に中間膜であるバッファ層（１２）又は振動板（５５）を形成し、前記中間膜上に下部電極（１３、５４２）を形成し、前記下部電極上に強誘電体膜（２４）又は圧電体膜（５４３）を形成し、前記強誘電体膜又は圧電体膜上に上部電極（２５、５４１）を形成する。前記中間膜、下部電極又は圧電体膜を形成する工程は、イオンビームアシスト法で第１層を形成する工程と、イオンビームアシストを止めて堆積を継続して第２層を形成する工程と、を備えている。

【選択図】 図１

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 3 2 6 4 4 7
受付番号	5 0 2 0 1 6 9 7 0 1 1
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 4 年 1 1 月 1 2 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成14年11月11日

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 2 6 4 4 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 3 6 9]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号

氏 名

セイコーエプソン株式会社